ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 AVRIL 1913.

PRÉSIDENCE DE M. F. GUYON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Application des formules de viscosité superficielle à la surface d'une goutte liquide sphérique, tombant lentement, d'un mouvement devenu uniforme, au sein d'une masse fluide indéfinie en repos, d'un poids spécifique moindre.* Note de M. **J. Boussinesq.**

I. Appliquons à la chute verticale uniforme (ou régularisée) d'une petite goutte liquide sphérique, de rayon R, dans une masse fluide indéfinie un peu moins lourde, l'expression (2), démontrée dans ma dernière Note [1], des deux tensions superficielles *principales* $\mathcal{F}$, $\mathcal{F}'$ que supportent, en cet état de mouvement, deux certaines *coupes* normales de la mince couche séparant la goutte du fluide ambiant.

Et d'abord, par raison de symétrie, la figure de la goutte reste de révolution autour de son axe vertical, que nous prendrons pour axe des x, à partir du centre *actuel* O de la goutte et en le dirigeant vers le sens (ici *descendant*) du mouvement. Nous considérerons spécialement, tant dans la goutte que dans le fluide extérieur, un demi-plan méridien, dans lequel nous mènerons, à partir du centre O, l'axe horizontal des y. Les vitesses des deux fluides s'y trouveront contenues ou admettront les deux composantes u, v, fonctions de x et de y indépendantes de l'azimut de ce demi-plan méridien.

Nous aurons ici à les étudier sur le demi-cercle de rayon R qui y

---

[1] Voir le précédent *Compte rendu*, p. 983.

constitue un méridien de la couche superficielle. Chacun de ses points sera défini par l'angle λ (*colatitude*) qu'y fera la normale (extérieure) à la goutte avec les x positifs, angle croissant de zéro à π quand on suit ce méridien depuis le *pôle* $x = \mathrm{R}$, qui sert de *proue* à la goutte, jusqu'au *pôle* $x = -\mathrm{R}$, qui lui sert de poupe.

II. Le calcul des vitesses u, v dans les deux fluides, soit intérieur, soit extérieur, dont chacun est supposé conserver ses volumes, fera l'objet d'une Note ultérieure. Nous ne considérerons ici que la couche séparative des deux, que l'on se donne sphérique et de figure *permanente ;* car, par hypothèse, le phénomène s'est régularisé, ou se conserve pareil *autour* de cette surface géométrique *séparative*, suivie dans son mouvement uniforme descendant. La forme sphérique est d'ailleurs possible physiquement, en raison de la lenteur de la chute qui assure la *linéarité* aux équations du mouvement et, permettant de négliger les carrés des vitesses, supprime les causes d'aplatissement (impulsion vive sur la proue, etc.). Donc, à part la translation descendante de la surface séparative, qui ne modifie pas les distances mutuelles des points de la couche superficielle la recouvrant, ceux-ci ne pourront avoir, le long du méridien considéré, qu'une vitesse G tangentielle, ou *de glissement sur la surface géométrique*, vitesse fonction de λ et d'ailleurs *ascendante*, dirigée vers les colatitudes λ plus élevées; car le liquide intérieur à la goutte, moins retardé dans sa chute que celui de la couche superficielle par la résistance du fluide extérieur, se porte vers le bas de la sphère séparative et oblige la matière de la couche superficielle à s'accumuler vers le haut. Nous admettrons ici, sauf à prouver plus tard l'exactitude de cette hypothèse, *la proportionnalité de* G *au sinus* ($\sin\lambda$) *de la colatitude*, comme si cette petite vitesse tangentielle G était partout la projection, sur la *tangente* à l'arc élémentaire de méridien, d'une vitesse verticale constante.

III. Que seront alors dans la couche, au point M de colatitude λ, les vitesses ∂, ∂' de dilatation des deux files élémentaires *principales*, $ds = \mathrm{R}\,d\lambda$, $ds' = (\mathrm{R}\sin\lambda)\omega$, de points matériels, dirigées respectivement, par raison de symétrie, l'une, $ds = \mathrm{R}\,d\lambda$, le long du méridien, l'autre, ds', le long du cercle *parallèle* (de rayon $\mathrm{R}\sin\lambda$), où il sous-tend un angle au centre, ω, infiniment petit, pris du côté d'un troisième axe coordonné (des z positifs) normal à ceux des x et des y?

La vitesse G tangente au méridien déplace la molécule M, durant un instant dt et le long de ds, de $\mathrm{G}\,dt$, réduisant ainsi de $\mathrm{G}\,dt$ sa distance à la

seconde extrémité de ds, où se trouve un point matériel M′ qui avance aussi, et très sensiblement suivant la même direction, de $\left(G + \frac{dG}{d\lambda} d\lambda\right) dt$. Les deux points M, M′ s'éloignent donc de $\frac{dG}{d\lambda} d\lambda\, dt$; et la dilatation *principale* correspondante ∂dt est le rapport de cet éloignement à la longueur primitive $R\, d\lambda$ de MM′; d'où résulte l'expression de ∂.

D'autre part, le chemin $G\, dt$, décrit par le point M suivant l'arc ds incliné de l'angle λ par rapport aux y, accroît de $G\, dt \cos\lambda$ la distance de M à l'axe vertical des x ou le rayon du parallèle sur lequel sera ce point, augmentant ainsi de $(G\, dt \cos\lambda)\,\omega$ sa distance au point analogue, μ, situé à l'extrémité de ds'. On aura donc aussi, comme valeur de $\partial' dt$, le rapport de cet accroissement à $ds' = (R \sin\lambda)\,\omega$; et de là résultera l'expression de ∂'.

En résumé, les deux vitesses principales ∂, ∂' de dilatation de la couche superficielle vaudront

$$(1) \qquad \partial = \frac{1}{R} \frac{dG}{d\lambda}, \qquad \partial' = \frac{G}{R} \cot\lambda.$$

La double formule (2) de ma précédente Note en déduira les deux tensions superficielles *principales* $\mathcal{F}$, $\mathcal{F}'$ en fonction des vitesses G de glissement.

IV. Considérons maintenant un *élément rectangulaire*, légèrement courbe, de la couche, compris entre l'élément $MM' = ds$ du premier méridien, l'élément égal $\mu\mu'$ (à colatitudes croissant aussi de λ à $\lambda + d\lambda$) du méridien voisin, et deux arcs de parallèles

$$M\mu = ds' = (R \sin\lambda)\,\omega, \qquad M'\mu' = R(\sin\lambda + d \sin\lambda)\,\omega,$$

en vue de chercher les composantes totales, suivant la normale OMN à la sphère et suivant la tangente MT, en M, à l'arc $MM' = ds$, des tensions superficielles exercées, tangentiellement à cet élément sphérique, mais perpendiculairement à son contour, sur les quatre côtés du rectangle.

La tension $\mathcal{F} ds'$ que supporte le côté $M\mu$ se compose de forces dirigées, en chaque point de $M\mu$, à l'opposé du méridien ds qui y passe. Or, les angles infiniment petits de ces forces élémentaires avec la tangente en M à M′M ont leurs plans, qui sont ceux de deux génératrices d'un cône circonscrit voisines, presque tangents au cône en M ou presque normaux au plan OMM′ des xy; et, par suite, les projections de ces angles sur le plan des xy sont des angles *du second ordre de petitesse*. En d'autres termes, les forces élémentaires composant la tension $\mathcal{F} ds'$ peuvent être censées se pro-

jeter toutes, sur le plan des xy, à l'opposé de la tangente MT à l'arc MM'. Dès lors, l'angle de chacune d'elles avec toute droite du plan des xy émanée du point où elle perce ce plan des xy, est la face hypoténuse d'un trièdre rectangle, ou a pour cosinus le produit des cosinus des deux autres faces, qui sont, d'une part, l'angle de la force élémentaire avec sa projection, d'autre part, l'angle de cette projection avec la droite considérée du plan. Donc, ici où l'angle des forces élémentaires avec leur projection est très petit et a son cosinus réductible à 1 (sauf écarts du second ordre), les cosinus des angles des forces élémentaires avec MN et avec MT seront ceux mêmes des angles de leur projection (à l'opposé de MT) avec MN et avec MT, c'est-à-dire zéro et -1. Ainsi, pour le côté $M\mu$, les deux composantes cherchées seront zéro et $-\mathcal{F}ds'$, ou

$$(2) \qquad 0 \quad \text{et} \quad -R(\mathcal{F}\sin\lambda)\omega.$$

De même, sur le côté opposé $M'\mu'$, où la colatitude est $\lambda + d\lambda$, les tensions élémentaires se projetteront sur le plan des xy suivant la tangente M'T' menée en M' à l'arc MM'; et les cosinus de leurs angles avec MN et avec MT seront ceux relatifs à M'T', savoir $\cos\left(\frac{\pi}{2} + d\lambda\right)$ et $\cos(d\lambda)$, ou $-d\lambda$ et 1. Or cette force est $\mathcal{F}ds'$ accrue de sa différentielle en λ, savoir $R\left(\mathcal{F}\sin\lambda + \frac{d.\mathcal{F}\sin\lambda}{d\lambda}d\lambda\right)\omega$. Elle donnera donc, suivant MN et suivant MT, les deux composantes respectives

$$(3) \qquad -R(\mathcal{F}\sin\lambda)\omega\, d\lambda \quad \text{et} \quad R\left(\mathcal{F}\sin\lambda + \frac{d.\mathcal{F}\sin\lambda}{d\lambda}d\lambda\right)\omega.$$

Passons aux tensions que supportent les deux côtés MM' et $\mu\mu'$, ou ds, contigus aux deux demi-plans méridiens. Sur le premier, MM', la tension, $\mathcal{F}'ds$ ou $R\mathcal{F}'d\lambda$, est perpendiculaire au plan des xy et ne donne aucune composante suivant les droites MN, MT de ce plan. Sur le deuxième, $\mu\mu'$, la tension (toute pareille), $R\mathcal{F}'d\lambda$, est perpendiculaire au demi-plan méridien voisin $O\mu\mu'$. Si on la transporte au centre O parallèlement à elle-même, elle sera donc dans le plan de l'équateur, où elle fera l'angle $\frac{\pi}{2} + \omega$ avec l'axe des y positifs, à l'opposé duquel elle se projettera sur le plan des xy. Donc ses deux angles avec la normale OMN et avec la parallèle à MT menée par le centre O, seront les faces hypoténuses de deux trièdres rectangles ayant tous deux $\frac{\pi}{2} + \omega$ pour seconde face (dans le plan de l'équateur) et, respectivement, $\frac{\pi}{2} - \lambda$, λ comme troisièmes faces. Les cosinus

correspondants des faces hypoténuses seront donc $-\omega \sin\lambda$, $-\omega \cos\lambda$; et l'on aura, suivant MN et suivant MT, les composantes respectives

$$(4) \qquad -\mathrm{R}(\mathcal{F}' \sin\lambda)\,\omega\, d\lambda \quad \text{et} \quad -\mathrm{R}(\mathcal{F}' \cos\lambda)\,\omega\, d\lambda.$$

Les composantes totales, suivant la normale à la sphère et suivant le méridien, des tensions superficielles exercées sur tout le contour du rectangle élémentaire $ds\,ds'$, seront les deux sommes respectives des expressions (2), (3) et (4). En y substituant à $\mathrm{R}\omega\, d\lambda$ le quotient de $ds\,ds'$ par $\mathrm{R}\sin\lambda$, il vient ainsi

$$(5) \qquad -\frac{\mathcal{F}+\mathcal{F}'}{\mathrm{R}}\,ds\,ds' \quad \text{et} \quad \frac{1}{\mathrm{R}\sin\lambda}\left(\frac{d.\mathcal{F}\sin\lambda}{d\lambda} - \mathcal{F}'\cos\lambda\right)ds\,ds'.$$

V. Il faudra diviser ces forces par $ds\,ds'$, afin de les rapporter à l'unité d'aire de l'élément de couche; et, comme cet élément a sa masse ou, par suite, son poids et ses *inerties*, négligeables (même par unité d'aire), on écrira qu'il est en équilibre sous leur action, jointe à celle des *tractions*, que nous appellerons $\mathfrak{N}$ suivant la normale, $\mathfrak{T}$ suivant le méridien, exercées par le fluide extérieur sur la face convexe de la couche superficielle, et à celle des tractions analogues, dont nous appellerons $-\mathfrak{N}'$, $-\mathfrak{T}'$ les composantes suivant les mêmes normale et tangente au méridien, exercées par la matière de la goutte sur la face concave de la couche, forces égales et contraires aux actions $\mathfrak{N}'$, $\mathfrak{T}'$ de la couche elle-même sur le fluide intérieur. Donc les expressions (5), divisées par $ds\,ds'$, puis accrues respectivement de $\mathfrak{N}-\mathfrak{N}'$ et de $\mathfrak{T}-\mathfrak{T}'$, donneront sommes algébriques nulles. Et en effectuant, dans la seconde (5), la différentiation de $\mathcal{F}\sin\lambda$, il viendra

$$(6) \qquad \mathfrak{N}-\mathfrak{N}' = \frac{\mathcal{F}+\mathcal{F}'}{\mathrm{R}}, \quad \mathfrak{T}-\mathfrak{T}' = -\frac{1}{\mathrm{R}}\left[\frac{d\mathcal{F}}{d\lambda} + (\mathcal{F}-\mathcal{F}')\cot\lambda\right].$$

Telles seront les deux conditions *dynamiques* imposées aux pressions $(\mathfrak{N}, \mathfrak{T})$, $(\mathfrak{N}', \mathfrak{T}')$ s'exerçant respectivement au dedans et au dehors de la couche superficielle, en outre des deux relations de *non-rupture* de cette couche, qui consisteront dans la parité des vitesses respectives u et v sur les deux faces.

VI. Tenons finalement compte de la proportionnalité de G à $\sin\lambda$. Les relations (1) donnent alors $\partial' = \partial$; et il résulte de la double formule (2) de ma dernière Note que l'on a

$$(7) \qquad \mathcal{F}' = \mathcal{F} = f + 2(\mathrm{e}+\mathrm{e}_1)\,\partial = f + e\,\partial = f + \frac{e}{\mathrm{R}}\frac{d\mathrm{G}}{d\lambda}.$$

Donc les deux coefficients e, e_1 de *viscosité superficielle* se fondent ici en un seul $2(e+e_1)$, que l'on peut appeler e; et *la couche superficielle sphérique reste, même à l'état de mouvement, isotrope autour de chacune de ses normales, dans une étendue infiniment petite.*

La tension superficielle y a la valeur *dynamique* $f+e\partial$, pareille dans tous les azimuts.

Si l'on observe que la dérivée seconde de G en λ égale $-$ G, les formules (6) deviennent

$$(8) \qquad \mathcal{N}-\mathcal{N}'=\frac{2}{R}\left(f+\frac{e}{R}\frac{dG}{d\lambda}\right), \qquad \mathcal{C}-\mathcal{C}'=\frac{e}{R^2}G.$$

Ce sont celles que nous aurons à appliquer.

M. **Charles Moureu**, en présentant à l'Académie un Mémoire intitulé *Recherches sur les gaz rares des sources thermales; leurs enseignements concernant la Radioactivité et la Physique du globe* (*Journal de Chimie physique*, t. XI, n° 1, 1913, p. 63-153), s'exprime en ces termes :

Dans cette brochure de 91 pages, j'ai exposé dans leur ensemble les recherches que j'ai effectuées sur les gaz rares des mélanges gazeux qui se dégagent aux griffons des sources thermales, ainsi que les conséquences qui en découlent pour la Radioactivité et la Physique du Globe. Commencées en 1895, peu après la découverte de l'argon par Lord Rayleigh et Sir William Ramsay, les expériences ont été activement poursuivies depuis 1902, avec, depuis 1905, la collaboration, successivement, de M. Robert Biquard, puis de M. Adolphe Lepape.

Un nombre considérable de documents nouveaux ont été accumulés. La plupart, ainsi que les enseignements qu'ils comportaient, ont été communiqués déjà à l'*Académie des Sciences* (principalement par l'organe de notre confrère M. Deslandres, avant que j'eusse l'honneur de faire partie de l'Académie), au *Bulletin de la Société chimique*, au *Journal de Pharmacie et de Chimie*, ou à l'*Académie de Médecine*.

Comme il arrive souvent au cours de travaux de longue haleine, mes idées sur la question ont évolué à la lumière des faits, et, à cet égard, la production d'hélium aux dépens du radium, observée par Sir William Ramsay et Frédéric Soddy en 1903, à une époque où, de divers côtés (Sir J.-J. Thomson, Pierre Curie et Albert Laborde, etc.), on signalait la présence de l'émanation du radium dans les sources, ne manqua pas de donner

à mes recherches une orientation décisive. D'un autre côté, les diverses techniques de ce travail, dont l'exécution a présenté de grandes difficultés, ont été sans cesse perfectionnées. Beaucoup de sources, d'ailleurs, ont fait l'objet de mesures répétées, soit sur le même échantillon, soit sur des échantillons récoltés à des dates différentes, parfois distantes de plusieurs années. Bien que nous n'ayons généralement observé que de faibles écarts entre les divers résultats obtenus pour une même source, nous avons cru devoir choisir parmi eux, pour les présenter comme définitifs, ceux qui correspondent aux expériences qui ont été conduites dans les meilleures conditions (sans préjudice de la variation possible de la composition des mélanges gazeux fournis par la source à des intervalles de temps plus ou moins longs).

Pour ces raisons, il m'a semblé utile, opérant une refonte complète du sujet, d'en faire un exposé général et complet, au double point de vue théorique et expérimental, sans souci de l'ordre chronologique des publications antérieures. On trouvera d'ailleurs, dans le présent Mémoire, nombre de détails de toute nature encore inédits.

En 1903, au moment où j'entrepris une étude systématique du sujet (après avoir eu l'occasion, depuis 1895, de m'en occuper à maintes reprises, ainsi que d'autres expérimentateurs; en France : Bouchard, Troost, Ouvrard, Desgrez, Parmentier, Moissan), l'argon et l'hélium, ou l'un de ces deux gaz seulement, avaient été décelés dans quelques sources, et le néon dans une seule source; quant au krypton et au xénon, ils n'avaient encore été signalés que dans l'air atmosphérique.

Les sources dont l'étude constitue la base expérimentale de nos recherches sont au nombre de 70. Elles sont presque toutes françaises, et elles présentent d'ailleurs une grande variété dans leurs minéralisations comme aussi dans leurs origines géologiques.

Voici les résultats essentiels de ce long travail et quelques considérations qu'ils suggèrent :

1° En dehors des gaz courants (azote, anhydride carbonique, etc.), toutes les sources contiennent de l'hélium, du néon, du krypton, du xénon et des émanations radioactives. Ceci est en parfait accord avec la présence des gaz rares et des émanations radioactives dans l'air atmosphérique. En ce qui concerne l'hélium, les prévisions sont pleinement vérifiées. L'hélium, en effet, se produit dans la désintégration des substances radioactives, et des traces de celles-ci se rencontrent partout dans le sol et le sous-sol

(minéraux, roches, eaux minérales, gaz); on devait donc trouver de l'hélium dans toutes les sources.

Quant aux proportions des divers éléments, elles varient, suivant les sources, dans de larges limites. Pour ne considérer que l'hélium, on en trouve, par exemple, pour 100 volumes de gaz spontanés bruts : 0,0015 à Vichy (Chomel), 0,893 à Saint-Honoré, 5,77 à Maizières, 10,16 à Santenay. Les gaz spontanés des sources de Santenay sont les plus riches connus en hélium. On voit à quel degré peuvent atteindre les concentrations en hélium, et quand on considère que la teneur de l'air en hélium est incomparablement plus faible (environ $\frac{1}{200000}$), cette observation apparaît immédiatement avec toute son importance.

L'intérêt que présentent certains débits n'est pas moindre. Les sources de Bourbon-Lancy (10000^l par an), de Santenay (17000^l), de Néris (34000^l), constituent de véritables gisements d'hélium. Les sources en apportent ainsi perpétuellement, dans l'atmosphère, des quantités relativement énormes. Que signifient ces importants dégagements d'hélium ? Si l'on supposait constante dans le temps la masse de radium (avec sa série, en équilibre radioactif) capable d'entretenir la chaleur de la Terre, et si l'on admettait que tout l'hélium engendré s'est déversé dans l'atmosphère, on calcule qu'il aurait suffi de 7000 siècles pour y amener tout l'hélium qui s'y trouve actuellement. Mais quelle fraction de l'hélium produit arrive dans l'atmosphère? Le millième, le millionième? Nul ne le sait. Est-ce par les sources qu'il y est surtout apporté? Peut-être. D'un autre côté, on a de bonnes raisons de penser qu'une véritable distillation d'hélium doit s'effectuer continûment de l'atmosphère terrestre vers les espaces célestes. Cette perte incessante d'hélium que subit notre atmosphère est-elle compensée par l'apport du même gaz qu'elle reçoit de la profondeur? Y a-t-il, au contraire, appauvrissement ou enrichissement de l'atmosphère en hélium ? Ces questions, et bien d'autres qui s'y rattachent, nous ne pouvons aujourd'hui que les poser sans les résoudre. Du moins leur seul énoncé suffit-il à mettre en évidence le haut intérêt que présente toute recherche visant à nous éclairer sur le rôle de l'hélium dans la Physique du Globe.

2° Nous avons reconnu, M. Lepape et moi, que les trois gaz : argon, krypton, xénon (auxquels on pourra ajouter très vraisemblablement le néon), sont en rapports numériques mutuels sensiblement constants dans toutes les sources, et que ces rapports sont à peu près les mêmes que dans l'air atmosphérique. Il y a là un fait très remarquable, que nous expliquons par

l'inertie chimique de ces éléments et leur état gazeux dans de larges limites de température et de pression. Grâce à ce double caractère, en effet, tandis que les corps doués d'affinités chimiques contractaient des combinaisons, les éléments considérés sont restés libres, et ils ont conservé toujours et partout, depuis la formation de la nébuleuse, leurs mêmes rapports quantitatifs.

Il importe d'ajouter que l'hélium ne présente aucune proportionnalité avec les autres gaz. La raison en est facile à concevoir. Partout, dans l'écorce terrestre, de l'hélium se produit constamment aux dépens des corps radioactifs; or ceux-ci sont très inégalement répartis dans les différents terrains.

L'azote, qui existe dans toutes les sources comme dans l'atmosphère, est un gaz *relativement* inerte. On pouvait donc s'attendre à trouver une certaine uniformité dans ses rapports avec l'argon, par exemple. Nos résultats sont en accord très satisfaisant avec cette conception.

On retrouve la même constance des rapports dans les grisous, dont nous avons aussi, M. Lepape et moi, étudié méthodiquement la partie non combustible. Et il n'y a pas de doute que, dans l'Univers, la constance des rapports entre éléments libres, *ne présentant entre eux aucune filiation* (cette restriction vise les corps radioactifs), ne tienne à la fois à leur inertie chimique et à leur état gazeux.

Une dernière remarque s'impose ici. Le fait que l'argon, le krypton et le xénon sont en rapports mutuels sensiblement constants, est difficile à concilier avec l'hypothèse suivant laquelle ces gaz se produiraient actuellement par la désintégration d'autres atomes. Et leur situation vis-à-vis des corps radioactifs se présente ainsi, d'après les seuls résultats de nos déterminations, comme très différente de celle de l'hélium.

En dehors des gaz thermaux et des grisous, bien d'autres gaz géologiques restent encore à examiner au même point de vue : sources sèches d'anhydride carbonique, dégagements instantanés du même gaz dans certaines mines de charbon, gaz des puits à pétrole, etc.

Pour ce qui est de l'air atmosphérique, si l'on se rappelle que plusieurs lignes du spectre du krypton, notamment, se retrouvent dans celui des aurores polaires, dont les hauteurs atteignent plusieurs centaines de kilomètres, on conçoit quel intérêt tout particulier présentera le dosage de ce gaz aux hautes altitudes.

Je ne puis, en terminant, m'empêcher de faire remarquer toute la variété

et toute l'étendue des domaines où, sous la poussée des faits et de leur logique, on est conduit de proche en proche par la seule étude de la dissémination des gaz rares dans la Nature. Cela tient à la situation toute privilégiée qu'occupent l'argon et ses congénères vis-à-vis des autres éléments. Leur complète inertie les place, pour ainsi dire, en marge de la Chimie. Elle leur assure une éternelle inviolabilité; elle les protège contre tous les cataclysmes de l'Astronomie et de la Géologie, auxquels ils assistent en témoins indifférents et universellement respectés. Grâce, en outre, à leur état gazeux, l'accès leur est facile dans tous les fluides et dans toutes les atmosphères, où les cinq membres de la famille voyagent toujours de compagnie et en toute liberté.

Il est manifeste que les problèmes nouveaux qui se posent sans cesse ne pourront être résolus que si l'on accumule d'abord, en grand nombre, les données expérimentales dont la comparaison fera apparaître des relations plus ou moins attendues ou même insoupçonnées.

CHIMIE MINÉRALE. — *Déshydratation et décomposition des hydrates du nitrate d'uranyle. Formation d'un monohydrate.* Note de M. DE FORCRAND.

A plusieurs reprises, divers auteurs ont porté leur attention sur la préparation des hydrates du nitrate d'uranyle, sur leur déshydratation et sur leur décomposition progressives par la chaleur. Parmi les travaux les plus récents, il me suffira de citer ceux de MM. Vassilief, Lebeau et Markétos (1).

Il résulterait de ces recherches qu'il existe trois hydrates contenant 2^{mol}, 3^{mol} ou 6^{mol} d'eau, et que le sel anhydre peut s'obtenir par l'action de la chaleur (175°) sur l'un d'eux, dans un courant de gaz carbonique sec chargé de vapeurs nitriques.

J'ai cherché à préciser quelques-uns de ces faits.

1° *Déshydratation à froid de l'hexahydrate ordinaire, sous cloche sulfurique, à la pression atmosphérique.*

D'après M. Vassilief, on obtiendrait ainsi le dihydrate au bout de

(1) VASSILIEF, *J. S. phys. chim. russe*, t. XLII, 1910, p. 570, et *B. Soc. chim.*, t. X, 1910, p. 642. — LEBEAU, *B. Soc. chim.*, t. IX, 1911, p. 176, 276, 295, 298; t. XI, 1912, p. 245, 737, 799, 847. — MARKÉTOS, *B. Soc. chim.*, t. XI, 1912, p. 244 et *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 210.

24 heures, tandis que M. Lebeau n'a pu isoler que le trihydrate après 25 jours seulement. En réalité le terme final est bien le dihydrate, mais on ne l'obtient qu'au bout de 1 mois environ. La déshydratation se fait en deux phases successives : pendant la première, qui ne dure que 4 ou 5 jours, on *tend* vers le trihydrate ; puis, lorsqu'il est formé, la perte d'eau devient beaucoup plus lente (quinze fois plus lente en moyenne), et s'arrête complètement lorsqu'on est arrivé à la composition du dihydrate. Il n'y a pas de séparation nette entre les deux phases, mais seulement un ralentissement très marqué de la déshydratation lorsqu'on passe par le trihydrate.

2° *Déshydratation à froid de l'hexahydrate ordinaire, sous cloche sulfurique, dans le vide.*

Les phénomènes sont les mêmes que précédemment, mais ont lieu plus rapidement. Il y a encore deux phases successives, la première ne durant que quelques heures, la seconde 5 à 6 jours. A partir de ce moment le poids du sel reste absolument constant, et l'on obtient exactement le dihydrate ([1]), dont la tension d'efflorescence est par conséquent pratiquement nulle à $+15°$. Ce produit est jaune clair.

3° *Déshydratation à chaud de l'un des trois hydrates précédents.*

Il sera évidemment avantageux de prendre comme point de départ le dihydrate, préparé comme il est expliqué plus haut.

J'ai effectué les quatre expériences suivantes :

a. Déshydratation du dihydrate à 160° dans un courant de gaz carbonique sec (sans addition de vapeurs azotiques).

On arrive ainsi à déshydrater complètement, en 3 ou 4 heures, plusieurs grammes de sel ; mais il y a un dégagement notable de vapeurs d'acide azotique. Le produit est jaune orangé et contient de l'acide uranique UO^3, H^2O. Il est cependant encore soluble dans l'eau sans résidu ([2]). Sa composition est plus ou moins voisine de celle de la combinaison

$$(NO^3)^2UO^2 + 2UO^3,$$

([1]) L'analyse a donné : 62,84 pour 100 de UO^2, au lieu de 62,83, en admettant que $U = 238,5$.

([2]) M. Lebeau a montré que l'acide uranique est assez soluble dans les dissolutions aqueuses de nitrate d'uranyle.

qui serait l'orthonitrate d'uranyle, et qui a été aperçue et indiquée à plusieurs reprises.

b. Déshydratation du dihydrate à 125°-130° dans un courant de gaz carbonique sec (sans addition de vapeurs azotiques).

L'expérience est déjà beaucoup plus longue ; au bout de 4 ou 5 heures, la perte de poids correspond à peu près à 1^{mol} d'eau; puis il faut ensuite poursuivre la déshydratation pendant 55 à 60 heures pour arriver à un poids sensiblement constant. La vitesse est donc alors douze fois moindre que dans la première partie de l'expérience, ce qui indiquerait déjà l'existence d'un monohydrate.

J'ai pris soin non seulement de noter la perte de poids de la nacelle, mais aussi de recueillir et de doser les vapeurs d'acide azotique dégagées. D'après ces données, l'azotate devenu anhydre avait perdu, à la fin de l'opération, 12,5 pour 100 de l'acide azotique qu'il contenait virtuellement au début. Ces résultats conduisent à la composition

$$(NO^3)^2UO^2 + \frac{1}{7}(UO^3, H^2O).$$

Ce produit est jaune, un peu orangé.

c. Déshydratation du dihydrate à 98° dans un courant de gaz carbonique sec (sans addition de vapeurs azotiques).

L'élimination de l'eau a lieu encore, mais beaucoup plus lentement. Il faut cette fois 150 heures pour obtenir non pas un arrêt complet, mais un ralentissement très marqué. La perte totale du poids et la perte d'acide azotique conduisent alors à la composition

$$(NO^3)^2UO^2, H^2O + \frac{1}{76}(UO^3, H^2O).$$

C'est donc un monohydrate de nitrate d'uranyle presque pur, contenant moins de 1 pour 100 d'acide uranique. D'ailleurs l'analyse complète confirme ce résultat (1). Ce produit est jaune clair.

d. Déshydration du dihydrate à 165° dans un courant de gaz carbonique sec chargé de vapeurs d'acide azotique.

(1) J'ai trouvé, pour 100 : NO^3 29,89 et UO^2 65,85, tandis que la formule indiquée demanderait 29,77 et 65,80, et que le monohydrate pur donnerait 30,06 et 65,58. On voit par là que la seule analyse du produit permettrait à peine de reconnaître les traces d'acide uranique qu'il contient, si le dosage de l'acide azotique éliminé ne les indiquait pas.

C'est l'expérience de M. Markétos, dont j'ai suivi exactement toutes les indications, sauf que la température (165°) a été maintenue un peu plus basse que celle indiquée par ce savant (175°), dans le but de rendre la décomposition du sel moins profonde.

J'ai encore déterminé, toutes les 3 heures, la perte de poids de la nacelle.

D'après ces pesées, après 3 heures, le sel avait encore à peu près la composition d'un monohydrate; puis il a fallu 12 heures pour arriver à un poids constant, correspondant sensiblement au sel anhydre. Ce ralentissement, après les 3 premières heures, confirme encore l'existence du monohydrate.

Mais on constate en outre que la perte de poids de la nacelle dépasse notablement le poids d'eau contenu dans le dihydrate pris comme point de départ, lequel est cependant, avons-nous dit, absolument pur. De l'acide azotique avait donc encore été éliminé, malgré la présence de vapeurs azotiques dans le gaz carbonique.

En évaluant cette élimination d'acide azotique d'après l'excès de la perte totale sur le poids d'eau contenue dans le dihydrate, on arriverait à la composition suivante :

$$(NO^3)^2UO^2 + \frac{1}{28}(UO^3, H^2O).$$

D'ailleurs l'analyse a confirmé cette formule (1). Ce produit est jaune clair. En répétant cette expérience à une température un peu plus basse (155°), j'ai obtenu sensiblement le même résultat (2) :

$$(NO^3)^2UO^2 + \frac{1}{31}(UO^3, H^2O).$$

On voit donc qu'à la température indiquée par M. Markétos (175°), on obtient bien, par sa méthode, le sel anhydre, mais souillé de près de 3 pour 100 d'acide uranique. La présence des vapeurs nitriques retardent donc beaucoup la décomposition, dans le rapport de 15 à 1 à peu près, mais ne l'empêche pas absolument à 175°, 165° et même 155°. Pour obtenir un produit anhydre ne contenant que des traces d'acide uranique, il faudrait

(1) J'ai trouvé, pour 100 : NO^3 30,66 et UO^2 69,14, tandis que la formule indiquée demanderait 30,59 et 69,11 et que le sel anhydre pur donnerait 31,44 et 68,56. Ici l'analyse seule suffit pour affirmer la présence de l'acide uranique (2,67 pour 100 du poids total du produit).

(2) Mais l'expérience est alors déjà beaucoup plus longue, 30 heures environ.

ne pas dépasser 125°-130° et opérer avec du gaz carbonique chargé de vapeurs nitriques; mais on a vu qu'à cette température on doit prolonger l'expérience pendant plus de 60 heures (¹).

GÉOLOGIE. — *Observations sur l'histoire géologique pliocène et quaternaire du golfe et de l'isthme de Corinthe.* Note de M. **Charles Depéret.**

II. Période quaternaire (*suite*). — J'ai montré (*Comptes rendus*, 3 mars 1913) que la phase continentale qui caractérise l'histoire du golfe de Corinthe pendant la première partie des temps quaternaires avait été brusquement interrompue par une *transgression marine*, correspondant à l'époque des couches à *Strombus mediterraneus*. Les dépôts marins de cette transgression peuvent être suivis depuis l'isthme de Corinthe jusqu'à Patras.

Dans le centre de l'isthme, la magnifique tranchée du canal de Corinthe entaille sur 80ᵐ de hauteur un bombement central de marnes pliocènes levantines, flanqué en discordance des deux côtés par des grès et conglomérats quaternaires, riches en coquilles marines, et découpés par des failles en gradin tout à fait remarquables. Grâce aux facilités exceptionnelles que présente l'étude de cette tranchée découverte, j'ai pu me faire une idée nette de ces dépôts marins, déjà bien étudiés par M. Philippson (*Der Isthmos von Corinth*, 1890). Le quaternaire débute par des marnes sableuses jaunâtres, dans lesquelles s'intercalent plusieurs bancs de sables et graviers gris verdâtre, à nombreux éléments de gabbros et de serpentines; puis viennent des mollasses jaunes encore intercalées de graviers serpentineux vers le haut; enfin, on passe à des grès en plaquettes cariés qui terminent la série marine ravinée en quelques points par des limons sableux rougeâtres d'origine continentale.

J'ai observé la même succession au nord de l'isthme dans les collines du *pays de Krommyonia*, notamment près de Kalamaki, où ces dépôts marins ont été décrits depuis longtemps par Th. Fuchs. On les revoit au sud du

(¹) On remarquera que l'expérience des *quatre* hydrates du nitrate d'uranyle, à 6, 3, 2 et 1 H^2O, est en opposition avec la thèse soutenue récemment par M. Rosenstiehl (*Bulletin de la Société chimique*, t. IX, 1911, p. 174) : « Il n'y a pas d'exemple, dit-il, de sels hydratés ne perdant qu'une molécule d'eau, en dehors de ceux qui n'en contiennent qu'une seule. » En fait, le trihydrate de nitrate d'uranyle perd d'abord une molécule d'eau, puis une autre, puis une troisième.

canal dans le bas plateau d'Isthmia-Kenchrææ et ils se prolongent vers l'Ouest par Hexamilia jusque bien au delà de la ville de Corinthe.

J'ai déjà indiqué que ces mollasses et graviers marins étaient discordants par rapport aux marnes pliocènes. La discordance est peu évidente dans la tranchée du canal, mais devient très manifeste à l'ouest de Corinthe. M. Négris m'a montré, derrière la propriété Tryphos, le conglomérat quaternaire à galets verts, presque horizontal sur les tranches redressées des marnes pliocènes. M. Philippson a noté cette même discordance en divers points au bas plateau de Stimanga, entre Kiaton et Xylokastron etc. Il n'est permis de conserver aucun doute sur l'indépendance complète de ces deux formations.

La faune marine de ces couches présente un cachet d'ensemble des plus récents, la majeure partie des espèces se retrouvant vivantes dans la Méditerranée. Néanmoins, les opinions ont beaucoup varié sur l'âge de ces couches. Th. Fuchs, et plus tard MM. Philippson et Oppenheim les ont attribuées au Pliocène supérieur de Rhodes et de Cos, d'après la présence de quelques coquilles à affinités pliocènes et même miocènes, dont les déterminations demanderaient sans doute à être revisées : tel le *Strombus coronatus* qui est, en réalité, le *Strombus mediterraneus* ou *bubonius*, actuel du Sénégal. Gaudry et Neumayr ont soupçonné l'âge quaternaire de ces couches qui a été définitivement établi par les déterminations de M. Jousseaume, mais sans qu'aucun des savants précités ait indiqué le niveau stratigraphique précis de ces dépôts.

J'ai repris à mon tour l'étude de cette belle faune, en utilisant, à l'École des Mines de Paris, les collections Ed. Fuchs et Chaper et surtout les magnifiques séries de l'Université d'Athènes recueillies par l'Administration du canal de Corinthe à l'époque du percement de l'isthme. Négligeant les espèces méditerranéennes actuelles qui forment le fond de la faune, j'attirerai seulement l'attention sur un petit nombre de coquilles caractéristiques, étrangères à la faune méditerranéenne, mais identiques à des espèces encore vivantes dans l'Atlantique tropical ou tempéré.

1° Le *Strombus mediterraneus* Duclos, identique, ou peu s'en faut, au *Strombus bubonius* actuel de Madère et du Sénégal (5 à 6 exemplaires à l'Université d'Athènes);

2° Le *Conus guinaicus* Hwass, grande forme bien distincte du petit *Conus mediterraneus* et identique à l'espèce vivante des côtes de Guinée;

3° La *Natica lactea* Guilding, espèce du sous-genre *Mamma*, qui se retrouve vivante sur la côte occidentale d'Afrique;

4° Un *Pecten* du groupe du *P. maximus* de l'Atlantique tempéré, ayant les côtes

rondes et multistriées du type des côtes de France, avec la forte convexité de la grande valve du *P. jacobæus* de la Méditerranée.

Je signalerai en outre quelques belles coquilles, fréquentes à Corinthe, et qui, devenues aujourd'hui plus rares dans la Méditerranée, contribuent à donner à la faune de cet horizon un cachet de mer plus chaude que la Méditerranée actuelle : telles sont *Cassis undulata*, *Tritonium nodiferum*, *Purpura hæmastoma*, *Mytilus galloprovincialis* var. *herculea*, etc.

La présence des trois premières espèces, *Strombus mediterraneus*, *Conus guinaicus*, *Natica lactea*, suffit à caractériser la *faune chaude* émigrée de l'Atlantique tropical dans la Méditerranée à une époque où la ligne de rivage se trouvait à l'altitude d'environ 30^{m}. Cet horizon faunique, qui se complète par quelques autres formes jusqu'ici inconnues dans l'isthme de Corinthe, *Tritonidea viverrata*, *Tritonium ficoides*, *Tugonia anatina*, etc., constitue un niveau stratigraphique d'une remarquable unité, qui s'observe identique dans toute la Méditerranée occidentale, en Catalogne, aux Baléares, à Nice, en Algérie, en Tunisie, à Tarente, en Sicile, etc. Dans la Méditerranée orientale, il n'était encore cité que de l'île de Chypre (Gaudry), mais il est à prévoir qu'on en découvrira d'autres gisements.

En dehors des Mollusques, les couches à Strombes du golfe de Corinthe ont fourni d'importants débris de Mammifères terrestres. Dans les graviers serpentineux de la tranchée du canal, on a recueilli, lors des travaux, une belle mandibule d'Éléphant, que j'ai étudiée à l'Université d'Athènes, et qui se rapporte au groupe de l'*Elephas antiquus* par la forme étroite des molaires, mais avec des lamelles d'émail plus épaisses et surtout plus ondulées : c'est une variété ou *race locale* identique à l'Éléphant du bassin de Mégalopolis, nommé par M. Scouphos *Elephas Gortyniensis* (*in coll.*).

A l'autre extrémité du golfe, à Patras, on a recueilli, dans les graviers fluvio-marins de la carrière Costakis, une belle molaire du même Éléphant que j'ai vue à l'Université d'Athènes. Dans une visite que j'ai faite au gisement sous la conduite de M. Négris, nous avons pu recueillir, avec des lamelles de molaires et des fragments d'os de ce Proboscidien, une défense d'un énorme Sanglier (*Sus scrofa ferus*) et un métacarpe d'un Cervidé de la taille du Chevreuil (*Cervus capreolus*). Il y a là un véritable gisement qui mériterait d'être suivi avec soin.

Il me reste à indiquer les conditions paléogéographiques et tectoniques des couches à Strombes dans le golfe de Corinthe :

1° Il est de toute évidence que le *bras de mer corinthien* avait été rétabli

à ce moment et que le Péloponèse était redevenu une île comme aux temps pliocènes. En effet les couches à Strombes traversent l'isthme de Corinthe sur une grande largeur entre les monts Geraneia et le massif de l'Oneion. Je les ai signalées plus à l'Ouest à Vieille-Corinthe, et M. Philippson a pu suivre au loin le tracé de ces couches marines (qu'il attribue à tort au Pliocène supérieur) par Stimanga, Vasiliko, Kiaton, Melissi, Dervenion, Akrata, Trapeza jusqu'à Diakoptika, sur un trajet de 90^{km}.

Plus à l'Ouest encore, j'ai observé à Patras, dans le faubourg Tabachana, un important lambeau de graviers et poudingues, adossés aux marnes pliocènes, et ayant la plus grande analogie avec les graviers de l'isthme. La présence d'un banc à *Ostrea edulis* à la base de la carrière Costakis (gîte des Mammifères cités plus haut) ne laisse aucun doute sur l'origine marine ou fluvio-marine de ce dépôt quaternaire qui doit avoir aux environs de Patras une assez grande extension, que je ne puis préciser.

2° L'un des caractères les plus intéressants de ces couches à Strombes réside dans leur état extrême de dislocation. Alors que la ligne de rivage normale de cette époque se retrouve partout dans la Méditerranée occidentale et jusqu'à Chypre à l'altitude d'environ 30^{m}, ces couches ont été emportées ici à des altitudes très fortes : 70^{m} dans le centre de l'isthme, 150^{m} aux environs de Kalamaki, et, d'après M. Philippson, jusqu'à 350^{m} dans la région centrale du golfe. Il est curieux de remarquer que la plus forte altitude des couches à Strombes coïncide justement avec la région de soulèvement maximum des dépôts pliocènes.

Ce soulèvement du Quaternaire marin a été accompagné d'un système de failles parallèles, à direction Est-Ouest, qui ont découpé les couches à Strombes en gradins effondrés vers l'axe du golfe. La tranchée du canal montre d'une manière admirable les graviers marins découpés à droite et à gauche du bombement pliocène par une douzaine de failles qui les abaissent de l'altitude de 70^{m} jusqu'au niveau de la mer. Près de Vieille-Corinthe, j'ai observé avec M. Négris un premier gradin de faille à l'altitude de 20^{m}, un deuxième à 55^{m}-60^{m}, enfin un troisième ressaut à 90^{m}-95^{m} qui s'éleva rapidement à l'Est jusqu'à 112^{m}. Au plateau de Stimanga, M. Philippson figure un gradin supérieur à 326^{m} et deux gradins plus bas à 164^{m} et à 144^{m} d'altitude. Ce régime de failles se poursuit sur toute la longueur de la bande quaternaire avec une intensité variable suivant les points.

C'est à ce système de dislocation par *soulèvement* et *effondrements consécutifs* qu'est due la géographie actuelle du golfe de Corinthe. Le dôme

anticlinal du centre de l'isthme est la cause déterminante de l'existence de cet isthme et de la soudure tardive du Péloponnèse avec le continent. Les effondrements post-quaternaires ont déterminé la forme actuelle du golfe dont la fosse centrale descend à la profondeur de 700^m, exactement à la hauteur de la région de soulèvement maximum des dépôts pliocènes et quaternaires.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'une Commission qui sera chargée de présenter une liste de candidats pour les trois premières places nouvellement créées de Membres non résidents.

La Commission, qui se réunira sous la présidence de M. le Président de l'Académie, doit comprendre trois Membres de la Division des Sciences mathématiques et trois Membres de la Division des Sciences physiques.

MM. **Darboux**, **Émile Picard**, **Villard**, pour les Sciences mathématiques; MM. **Ph. van Tieghem**, **Haller**, **Douvillé**, pour les Sciences physiques, réunissent la majorité absolue des suffrages.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Records of the Survey of India*, Volume II, 1910-1911, *prepared under the direction of Colonel* S.-G. Burrard. (Transmis par le Ministre des Affaires étrangères.)

2° *Collected Papers by officers of the* Royal Army medical Corps; Volume I.

3° *Annales de l'Observatoire national d'Athènes*, publiées par Démétrius Eginitis; Tome VI.

4° *Les Céphéides considérées comme étoiles doubles*, *avec une monographie de l'étoile variable δ Céphée*, par Michel Luizet. (Présenté par M. B. Baillaud.)

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil, faites à l'Observatoire de Lyon, pendant le troisième trimestre de* 1912. Note de M. **J. Guillaume**, présentée par M. B. Baillaud.

Le nombre des jours d'observations a été de 76 dans le trimestre et voici les principaux faits qui en résultent :

Taches. — On a noté 8 groupes de taches avec une surface totale de 132 millionièmes, au lieu de 7 groupes et 528 millionièmes précédemment.

Un seul de ces groupes appartient à l'hémisphère boréal et les sept autres à l'hémisphère austral. Leur latitude moyenne est de +10° et −7°.

Le Soleil s'est montré sans taches dans 50 des jours d'observations, d'où il résulte un nombre proportionnel trimestriel de 0,66 au lieu de 0,58 dans le deuxième trimestre.

Régions d'activité. — Le nombre des groupes de facules enregistrés est supérieur d'un tiers à celui du trimestre précédent (42 groupes au lieu de 31), tandis que leur surface totale n'a augmenté que d'environ un cinquième, avec 18,5 millièmes au lieu de 15,1.

Dans leur répartition de part et d'autre de l'équateur, on a 1 groupe en moins au Sud (28 au lieu de 29) et 12 en plus au Nord (14 au lieu de 2).

TABLEAU I. — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes S.	Latitudes moyennes N.	Surfaces moyennes réduites.
Juillet 1912. — 0,72.					
2-5	2	7,4	−12		4
5-12	7	9,0	−3		15
	29 j.		−7°,5		
Août. — 0,95.					
21	1	19,4		+10	5
	22 j.			+10°	
Septembre. — 0,32.					
7-8	2	3,0	−6		7
14	1	9,5	−7		17
7-13	7	11,5	−5		11
12-20	8	15,3	−8		62
24-28	4	29,2	−6		11
	25 j.		−6°,4		

TABLEAU II. — *Distribution des taches en latitude.*

1912.	Sud 90°-40°	Sud 40°-30°	Sud 30°-20°	Sud 20°-10°	Sud 10°-0°	Sud Somme	Nord Somme	Nord 0°-10°	Nord 10°-20°	Nord 20°-30°	Nord 30°-40°	Nord 40°-90°	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites
Juillet......	»	»	»	1	1	2	»	»	»	»	»	»	2	19
Août........	»	»	»	»	»	»	1	1	»	»	»	»	1	5
Septembre..	»	»	»	»	5	5	»	»	»	»	»	»	5	108
Totaux....	»	»	»	1	6	7	1	1	»	»	»	»	8	132

Tableau III. — *Distribution des facules en latitude.*

1912.	Sud. 90°.–40°.	40°.–30°.	30°.–20°.	20°.–10°.	10°.–0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°.–10°.	10°.–20°.	20°.–30°.	30°.–40°.	40°.–90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Juillet	1	»	2	5	3	11	3	1	»	»	1	1	14	6,5
Août	»	»	»	4	3	7	8	1	»	1	1	5	15	5,1
Septembre ..	2	»	»	2	6	10	3	1	1	»	»	1	13	6,9
Totaux....	3	»	2	11	12	28	14	3	1	1	2	7	42	18,5

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une question concernant les fonctions de deux variables réelles.* Note de M. **Émile Cotton**, présentée par M. E. Picard.

Divers problèmes, en particulier celui de la stabilité des mouvements, conduisent à étudier le signe d'une fonction V au voisinage d'un point O où cette fonction et ses dérivées premières s'annulent. L'étude directe de ce signe étant rarement possible, on substitue souvent à V une expression approchée U. Il y a donc intérêt à donner des conditions suffisantes pour qu'une telle substitution soit légitime. C'est ce que je fais ici, en me limitant au cas de deux variables et en supposant U holomorphe.

Un cas particulier de ce problème se pose à propos de l'étude des extrema au moyen des dérivées [1]; U est alors un polynome obtenu en appliquant à V la formule de Taylor et supprimant le terme complémentaire, on cherche si ce polynome garde un signe constant au voisinage de O et si l'on en peut conclure que le signe de V reste aussi constant. Dans le problème général que nous posons, l'origine de U est quelconque, le signe de cette fonction peut varier; on se demande si les régions $U > 0$ et $U < 0$ et les régions analogues $V > 0$ et $V < 0$ sont disposées, au voisinage de O, de la même façon (voir n° II).

I. Quelques définitions concernant les fonctions holomorphes réelles sont nécessaires. Soit $U(x, y)$ une fonction de cette nature, s'annulant ainsi que ses dérivées premières pour $x = y = 0$ et telle que la courbe $U = 0$ n'admette pas de branche réelle multiple passant par l'origine O.

---

(1) L'exemple, devenu classique, de Peano et l'important Mémoire de L. Scheeffer (*Math. Annalen*, t. XXXV) montrent que cette question est bien plus délicate qu'elle ne le paraît à première vue.

A chaque demi-branche réelle γ, issue du point O de cette courbe, nous ferons correspondre un *onglet d'isolement* de la manière suivante. Les axes étant choisis de façon que Oy ne soit pas tangent à γ, et que Ox et γ soient d'un même côté de Oy, la ligne γ est représentée, pour x positif et assez petit, par $y=f(x)$, où $f(x)$ est une série ordonnée suivant les puissances d'une même racine $\sqrt[m]{x}$. Écrivons les premiers termes de ce développement en nous arrêtant dès que nous aurons un ensemble $\varphi(x)$ qui ne commence le développement d'aucune autre racine réelle ou imaginaire de $U=0$. Soit ax^α le dernier terme de $\varphi(x)$; l'onglet d'isolement sera défini, pour x positif et petit, par $\varphi(x)-\lambda x^\alpha<y<\varphi(x)+\lambda x^\alpha$, où λ est un nombre positif suffisamment petit.

Nous n'excluons pas dans la suite le cas où $U=0$ n'admettrait pas de branche réelle passant en O, où il n'y aurait par suite pas d'onglets d'isolement, mais si ces onglets existent nous les supposons construits de façon qu'ils n'empiètent pas les uns sur les autres au voisinage de O.

Soit A une demi-branche réelle de courbe algébroïde issue de O (c'est-à-dire que A peut être représentée par un développement et une inégalité analogues à ceux qui concernent γ). L'*ordre de contact* d'une ligne A et de la surface S représentée par $z=U(x,y)$ se définit comme dans le cas des lignes analytiques. Cet ordre peut être supérieur à tout nombre donné s'il existe des lignes γ et si l'on n'apporte pas de restriction au choix des lignes A. Mais, si les lignes γ n'existent pas, ou si ces lignes existent et qu'on se limite à celles des lignes A qui sont, au voisinage de l'origine, extérieures aux onglets d'isolement, *l'ordre de contact de ces lignes* A *et de* S *ne peut surpasser une certaine limite* (cela résulte de la décomposition en facteurs de Weierstrass). Nous désignons cette limite par $p-1$, le nombre p va nous être utile.

II. Considérons maintenant une fonction $V(x,y)$ bien définie et admettant des dérivées premières dans un domaine entourant l'origine [1] s'annulant en ce point ainsi que ces dérivées. Admettons qu'on en connaisse une expression approchée $U(x, y)$ satisfaisant aux conditions du paragraphe précédent et à la suivante. Soit $D(x,y)=V(x,y)-U(x,y)$; il existe un nombre s *supérieur à* p tel que le quotient $D(x,y):r^s$

[1] On peut aussi étudier le cas où le point x, y reste dans une région limitée par une frontière passant en O, et donner un critère analogue à celui du texte, si cette frontière vérifie des conditions convenables.

où $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ reste borné quand r tend vers zéro. Alors *les deux fonctions* V *et* U *ont même signe pour les points du plan voisins de* O *extérieurs aux onglets d'isolement.*

Si, de plus, les quotients par r^{s-1} des dérivées premières de D restent aussi bornés quand r tend vers zéro, *il existe dans chaque onglet d'isolement une demi-branche réelle* γ' *et une seule de la courbe* $V = 0$ (¹).

L'onglet est divisé en deux parties; dans chacune d'elles, V garde le signe constant qu'il a sur la frontière correspondante.

III. Énonçons enfin une dernière propriété des fonctions $V(x, y)$ satisfaisant aux conditions précédentes. Imaginons un point mobile dans le plan soumis à une force dérivant de la fonction de forces $V(x, y)$. L'origine O est une *position d'équilibre; mais si* V *n'est pas maximum en* O, *l'équilibre est instable* (²).

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *De la stabilité d'équilibre dans un cas particulier de pièce courbe.* Note (³) de M. **Stanislas Belsetsky**, présentée par M. Appell.

Si les dimensions des corps sont toutes finies et de même ordre de grandeur, les forces finies qui ne dépassent pas certaines limites, dites limites d'Euler, produisent des déformations infiniment petites. Le potentiel des forces élastiques W, relatif à chaque élément dv du milieu, est un polynome homogène de deuxième degré. Si un tel corps n'est soumis à aucune force extérieure non superficielle, on doit avoir, d'après le principe des vitesses virtuelles,

$$\delta \int W \, dv = 0.$$

Si les coefficients d'élasticité satisfont à la condition de stabilité, l'équilibre sera stable et la forme d'équilibre sera unique. Les déplacements

---

(¹) La démonstration (que je donnerai dans un travail plus étendu) repose sur la méthode d'approximations successives des fonctions implicites de M. Goursat, un peu modifiée pour lever les difficultés qu'entraîne la présence du point singulier O des courbes $U = 0$, $V = 0$.

(²) Pour le cas où la fonction des forces est holomorphe, voir une Note antérieure (*Comptes rendus*, t. 153) et un article des *Annales de l'École Normale.*

(³) Présentée dans la séance du 25 mars 1913.

élastiques satisferont au théorème de réciprocité (Betti). Si, dans un cas quelconque, les déplacements élastiques ne satisfont pas au théorème de Betti, le potentiel des forces élastiques cesse d'être une forme quadratique homogène. Il peut y avoir plusieurs formes d'équilibre, dont quelques-unes instables. La seule condition pour la stabilité d'équilibre d'un corps, dont toutes les dimensions sont finies et de même ordre de grandeur, est que ses déplacements satisfassent au théorème de réciprocité.

D'après ce qui précède, je vais examiner un cas particulier de pièce courbe. J'estime que le problème peut se réduire à n'envisager que deux dimensions :

Une pièce courbe dont la courbure est constante et de même rigidité EJ est soumise à deux forces P, appliquées à ses extrémités. Soient : $2e$ l'épaisseur de la pièce; f la flèche; $2l$ la portée. Pour simplifier le problème, je ne considère que les déplacements produits par les moments fléchissants M. Le problème est exprimé par l'équation

$$\frac{1}{\rho} = \frac{1}{R} + \frac{P}{EJ}(f - y) = a - 2b^2 y.$$

En posant

$$1 - \left(\frac{a}{2b}\right)^2 = D, \qquad 1 + b^2y^2 - ay = u,$$

nous obtenons

$$y = \frac{a}{2b^2} \pm \frac{1}{b}\sqrt{u - D},$$

et, étant donné que $y' = 0$, pour $x = 0$,

$$x = \int_0^u \frac{u\,du}{2b\sqrt{(1-u^2)(u-D)}}.$$

En posant de nouveau

$$u = \frac{D}{3} - pu\sqrt[3]{4},$$

nous obtenons

$$y = \frac{a}{2b^2} \pm \frac{i}{b}\sqrt{\frac{2D}{3} + pu\sqrt[3]{4}},$$

$$x = \frac{\sqrt[3]{16}}{2b}\left[\frac{c_2}{2}(u - u_0) - (\zeta u - \zeta u_0)\right].$$

Les racines du polynome couvert par le radical sont :

$$e_1 = \left(1 + \frac{D}{3}\right)\frac{1}{\sqrt[3]{4}}, \qquad e_2 = -\frac{2D}{3}\frac{1}{\sqrt[3]{4}}, \qquad e_3 = \left(\frac{D}{3} - 1\right)\frac{1}{\sqrt[3]{4}}.$$

Pour $x = 0$, $y = 0$,

$$pu = e_3, \qquad u = \omega'.$$

Pour que les déplacements satisfassent au théorème de réciprocité, il faut que, pour $x = 1$, $y = \frac{a}{2b^2}$,

$$Pl^2 = 2EJ\sqrt[3]{4}\left(\frac{e_2}{2}\omega - \eta\right)^2.$$

L'argument u varie de ω' à $\omega + \omega'$.

De cette relation, nous pouvons tirer P par un procédé d'approximations successives.

Le module

$$k^2 = \frac{e_2 - e_3}{e_1 - e_3} = \frac{1 - D}{2} = \frac{a^2}{8b^2}.$$

Si la pièce était droite, c'est-à-dire $a = 0$ et $k^2 = 0$, il en résulterait

$$\omega = \frac{\pi}{2}\frac{\sqrt[6]{4}}{\sqrt[2]{2}}, \qquad \frac{e_2\omega}{2} = \frac{\pi}{12\sqrt[6]{4}}, \qquad \eta = \frac{\pi}{6}\frac{\sqrt{2}}{\sqrt[6]{4}}, \qquad 2\sqrt[3]{4}\left(\frac{e_2}{2}\omega - \eta\right)^2 = \frac{\pi^2}{4},$$

et alors nous obtiendrons

$$P = \frac{EJ\pi^2}{4l^2},$$

c'est-à-dire la formule bien connue d'Euler.

J'ai examiné le cas d'une pièce à faible courbure, et le calcul m'a montré que la limite d'Euler, relativement aux cas de pièces courbes, est plus petite, mais très voisine de la limite relative aux pièces droites. Ce résultat concorde avec les données des expériences de M. T. Carman.

MÉCANIQUE. — *Sur la propagation des déflagrations et sur les limites d'inflammabilité.* Note de M. **Émile Jouguet**, présentée par M. L. Lecornu.

I. *Remarque sur les mouvements permanents.* — Dans une Note du 17 mars 1913, j'ai étudié les mouvements permanents par tranches parallèles d'un mélange gazeux susceptible de brûler. Dans ces mouvements, le fluide tend asymptotiquement vers deux états extrêmes, l'un v_0, T_0, p_0, non brûlé, pour $x = -\infty$, l'autre v'_0, T'_0, α'_0, p'_0, brûlé, pour $x = +\infty$.

Selon une remarque de Lord Rayleigh, les raisonnements d'Hugoniot sur les ondes de choc s'appliquent aux mouvements permanents, même en l'absence de telles ondes. Les états v_0, T_0, p_0 et v'_0, T'_0, α'_0, p'_0 sont donc reliés par les formules qui relient l'état initial et l'état final dans une onde de choc et combustion. Il est d'ailleurs possible que le fluide parvienne très vite

au voisinage de ces états, si bien que le phénomène que nous avons étudié peut être une véritable quasi-onde de choc et de combustion. Comme nous nous sommes placés dans le cas où la pression baisse au passage de la flamme, cette quasi-onde correspond à un point de l'arc CQ de la courbe tracée dans une Note parue ici même le 10 janvier 1910.

Ainsi que je l'ai dit dans ladite Note, on peut émettre des doutes sur la persistance des ondes de choc et combustion correspondant à cet arc CQ. Mais ces doutes ne conviennent qu'aux régimes de propagation variables, et, bien entendu, nous supposons ici que les conditions aux limites sont maintenues telles que le mouvement permanent soit réalisé.

II. *Cas où la pression varie peu.* — Me reportant aux équations (1) à (5) de ma Note du 17 mars 1913, je vais me borner au cas où la célérité de la flamme est faible. Dès lors m est petit, et l'équation (2) montre que p reste sensiblement constant. Le terme en $\frac{dp}{dx}$ disparaît de (4) qui s'écrit

$$(a) \qquad \frac{d}{dx}\left(k\frac{dT}{dx}\right) = m\left(C\frac{dT}{dx} + r\frac{d\alpha}{dx}\right).$$

Introduisons maintenant quelques hypothèses simplificatrices. Toutes n'auront pas une grande valeur physique, mais elles faciliteront l'intégration, et il est intéressant de faire une intégration, même grossière, pour illustrer les généralités de ma Note du 17 mars.

Les gaz brûlés seront supposés parfaits, de sorte que l'équation (5) sera

$$(b) \qquad pv = RT.$$

R devrait dépendre de α; on le supposera constant. De même r sera considéré comme constant; de même aussi C et k, qui, étant dès lors indépendants de α, seront par suite les mêmes pour les gaz frais et les gaz brûlés. Ces hypothèses sont assez approchées pour les mélanges dilués.

Pour la loi de la combustion, je ferai des hypothèses qui se rattachent à celles que j'ai développées pour les corps à réaction vive dans mon *Mémoire sur la propagation des réactions chimiques dans les gaz* (*Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 1905-1906). J'admettrai qu'une certaine surface, fonctionnant comme surface des faux équilibres limites, divise l'espace des p, α, T en deux régions, l'une où la vitesse de réaction est nulle ou négligeable, l'autre où elle est finie. Je prendrai, en outre, dans cette

seconde région, pour loi de la combustion,

$$\text{(c)} \qquad \frac{D\alpha}{Dt} = HT(1-\alpha),$$

formule assurément grossière, notamment en ce qui concerne l'influence de T, mais qui rend l'intégration facile. Remplaçons alors T par sa valeur en p, v, $\frac{D}{Dt}$ par $u\frac{d}{dx}$ et $\frac{u}{v}$ par m selon l'équation (1). Il vient

$$\text{(d)} \qquad \frac{d\alpha}{dx} = \frac{Hp}{mR}(1-\alpha) = \frac{G}{m}(1-\alpha);$$

G est une constante, puisque p est sensiblement constant.

Dans les équations (1) à (5) de ma précédente Note, il faut donner à (3), (4), (5) la forme (d), (a), (b). L'intégration, en tenant compte des conditions (6), donne

$$\text{(e)} \qquad T_1 - T_0 = (\tau - T_0)\, e^{\frac{mC}{k}x} \qquad \text{pour les gaz frais,}$$

$$\text{(f)} \qquad T_2 - \tau = \frac{m^2 r}{Gk + m^2 C}\left(e^{-\frac{G}{m}x} - 1\right) \qquad \text{pour les gaz brûlés,}$$

avec

$$\text{(g)} \qquad -\frac{m^2 r}{Gk + m^2 C}\,\frac{G}{m} = (\tau - T_0)\frac{mC}{k}.$$

Si Θ est la température de combustion à pression constante, égale à $T_0 - \frac{r}{C}$, (f) et (g) deviennent

$$\text{(h)} \qquad T_2 - \tau = (\Theta - \tau)\left(1 - e^{-\frac{G}{m}x}\right),$$

$$\text{(l)} \qquad m = \frac{u_0}{v_0} = \sqrt{\frac{kG}{C}}\sqrt{\frac{\Theta - \tau}{\tau - T_0}};$$

(l) donne la vitesse de propagation u_0.

La théorie précédente rappelle celle de Mallard (*Annales des Mines*, 1875). Mallard, toutefois, obtient une vitesse de propagation proportionnelle à $\frac{\Theta - \tau}{\tau - T_0}$. Mais il ne faut pas attacher une grande importance à cette différence, qu'on pourrait sans doute faire disparaître par un choix convenable de la loi (c). On remarquera d'ailleurs que la loi de la combustion varie dans la réalité suivant l'ordre de la réaction chimique. Si j'ai retouché la théorie de Mallard, ce n'est pas pour changer sur ce point sa formule; c'est qu'il m'a paru intéressant de se rattacher plus étroitement qu'il ne l'avait fait aux

équations fondamentales de l'hydrodynamique, pour mieux montrer les hypothèses nécessaires. On remarquera notamment que la célérité a été supposée petite, si bien qu'une formule comme (l) ou comme celle de Mallard ne saurait s'appliquer quand T_0 est voisin de τ. Dans ce cas, seule la limite (10) de ma précédente Note est valable.

III. *Limites d'inflammabilité.* — Quand le gaz atteint la température τ, il faut, pour qu'il brûle, que la ligne représentant sa transformation dans le plan α, T (la pression p est sensiblement constante) pénètre à l'intérieur de la ligne des faux équilibres limites. Il faut donc que $\frac{d\alpha}{dT}$, tel qu'il résulte de (d), (h), c'est-à-dire $\frac{1}{\Theta - \tau}$, soit inférieur au coefficient angulaire $\frac{1}{\lambda}$ de la tangente à la ligne des faux équilibres limites. Cette ligne devrait être une courbe d'égale vitesse. Mais la loi (c) est trop grossière et, par suite, la ligne des faux équilibres limites déterminée avec trop peu de précision; aussi laisserai-je λ indéterminé. On doit donc avoir

$$\Theta - \tau > \lambda.$$

Les mélanges à la limite d'inflammabilité sont ceux pour lesquels $\Theta = \tau + \lambda$. On voit que leur vitesse de propagation peut n'être pas nulle, conformément aux observations de M. Le Chatelier.

Il est bien évident que ce raisonnement, exposé avec les hypothèses du paragraphe II, est en réalité indépendant. Il fournit, pour les limites d'inflammabilité, une explication qui est à rapprocher de la définition des corps explosifs de M. Duhem. Dans l'un et l'autre cas, il faut que la ligne représentant une certaine réaction (adiabatique pour la définition des corps explosifs, non adiabatique ici) pénètre dans la région de l'espace p, α, T, où les vitesses de réaction sont sensibles.

CHRONOMÉTRIE. — *Sur une variante de la méthode des coïncidences.* Note de M. **Henri Chrétien**, présentée par M. Bassot.

Dans la manière habituelle d'appliquer la méthode des coïncidences, les deux garde-temps à comparer agissent séparément avec une intensité à peu près égale sur chacune des oreilles de l'observateur. Il m'est arrivé d'appliquer la méthode dans des circonstances telles que l'un des garde-temps était perçu surtout par une oreille, tandis que le deuxième affectait

principalement l'autre. J'ai observé ainsi un phénomène assez curieux de *stéréo-acoustique* qui peut, dans certains cas, être utilisé pour donner plus de netteté et de précision à la méthode des coïncidences.

J'ai découvert ce phénomène en comparant deux mouvements d'horlogerie d'appareils enregistreurs Richard, que j'avais placés sur une table, à environ $1^m,50$ de distance, l'un à ma droite, l'autre à ma gauche. Vers le moment de la coïncidence, les battements du mouvement de droite, qui était le plus rapide, *diminuèrent rapidement d'intensité* et si complètement, que je crus, la première fois, que, par un hasard inopiné, l'appareil s'était effectivement arrêté. Il n'en était rien : je repris ma place à égale distance des deux mouvements et je surveillai attentivement l'unique série de battements que je percevais. Après quelques secondes, j'eus l'illusion très nette que le mouvement d'horlogerie de gauche *se déplaçait dans l'espace et s'avançait vers moi*, non seulement parce que chaque battement était plus fort que le précédent, mais aussi parce qu'il paraissait émaner d'un objet mobile se rapprochant effectivement de l'observateur. Il me sembla passer très près devant moi, en battant très fort, puis s'éloigner vers la droite en diminuant de sonorité jusqu'au moment où il me parut arrivé à la distance de l'appareil de droite. Tout se passait alors comme si ce dernier battait seul, à son tour. Cela dura quelques secondes, puis je perçus les battements du mouvement de gauche, d'abord très faibles, mais dont l'intensité croissait rapidement et les deux séries de battements se dédoublèrent nettement. La coïncidence était passée; elle avait évidemment eu lieu au moment où le son semblait provenir d'un point situé dans le plan médian de l'observateur.

J'ai souvent répété cette expérience avec des chronomètres de marine et, tout récemment, à l'Observatoire de Nice, j'ai comparé ainsi, au moyen de deux récepteurs téléphoniques, à circuits indépendants, les signaux rythmés que la tour Eiffel émet chaque nuit par télégraphie sans fil, avec les battements d'un chronomètre à contacts électriques de Paul Ditisheim.

En général, le phénomène, quoique très observable, était moins frappant qu'avec les mouvements d'enregistreurs, ce que j'ai toujours attribué à la trop grande différence qualitative des sons produits par des instruments de constructions très différentes; dans tous les cas, l'époque de la coïncidence a toujours été plus facile à apprécier que par la méthode ordinaire, où chaque oreille entend également les deux battements.

M. Ch.-Ed. Guillaume, à qui je décrivais cette petite expérience, m'a signalé un travail de Lord Rayleigh [1] dans lequel l'auteur a démontré que la direction de laquelle semble venir un son nous est indiquée par la différence de phase que les vibrations sonores présentent pour les deux oreilles,

---

[1] Lord Rayleigh, *On our perception of Sound direction* (*Phil. Mag.*, t. XIII, 1907, p. 214).

inégalement distantes de la source. Or, si deux chronomètres produisent des sons de même hauteur et de même timbre, mais n'ayant pas rigoureusement la même fréquence de battements, sont disposés de manière à n'être entendu chacun que par une oreille, ils agiront sur l'ouïe avec une différence de phase *variable dans le temps*, ce qui doit produire l'illusion de leur mouvement dans l'espace, au voisinage de la coïncidence. Cette explication ne va pas sans quelques difficultés, car, en général, les échappements de deux chronomètres quelconques ne seront pas identiques au point d'être équivalents à la source sonore unique de Lord Rayleigh ; mais il ne semble pas pourtant que cette identité soit indispensable à la production du phénomène que l'oreille percevra, selon les circonstances, avec une netteté plus ou moins grande.

PHYSIQUE. — *Sur un nouveau mode de construction des lampes en quartz à vapeur de mercure.* Note de M. **A. Tian**, transmise par M. Lippmann.

J'ai eu l'occasion de signaler, à propos des phénomènes exercés par la lumière ultraviolette sur l'eau, l'opposition qui existe entre les propriétés chimiques des rayons de très courte longueur d'onde ($\lambda < 1900$ angströms) et celles des autres radiations ultraviolettes, ces dernières se bornant souvent à détruire les combinaisons endothermiques produites par les premières. Cette différence d'action, d'ailleurs, a été récemment développée par M. D. Berthelot.

Il est donc nécessaire, quand on cherche à réaliser les effets chimiques des radiations extrêmes (ozonisation de l'air, peroxydation de l'eau, décomposition de l'acide chlorhydrique, etc.), d'utiliser une source de ces rayons donnant une proportion aussi faible que possible de ceux doués des propriétés inverses. En pratique, à cause de sa puissance et de sa commodité, on emploie presque toujours la lampe en quartz à vapeur de mercure; il faut alors la soumettre à un *bas régime électrique :* l'émission totale des radiations ultraviolettes de cette source croît en effet énormément avec la tension appliquée ([1]), tandis que l'énergie des rayons les plus réfrangibles ($\lambda < 1900$) varie relativement beaucoup moins ([2]).

([1]) Kuch et Retschinsky, *Annalen der Physik*, t. XX, 1906, p. 563. — Fabry et Buisson, *Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 93.

([2]) A. Tian, *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 141. — L'altération progressive des lampes poussées, qui se manifeste surtout dans l'émission des rayons extrêmes, conduit également à n'adopter qu'un bas régime électrique.

D'autre part, à cause de la petitesse des rendements photochimiques et du peu d'énergie des radiations de très faibles longueurs d'onde, même émises par l'arc au mercure, il importe, pour obtenir des effets chimiques sensibles, de *diminuer le plus possible la distance à la source*. L'enveloppe de quartz des lampes à vapeur de mercure fonctionnant à basse tension est à une température peu élevée et l'on en pourra sans danger approcher la préparation, souvent même jusqu'au contact. Cependant, par leur forme complexe, électrodes, ailettes ou ampoule de refroidissement, les lampes en usage dans les laboratoires ne se prêtent pas simplement à une immersion dans un liquide ou un gaz, au moins dans des conditions chimiques acceptables. Il paraît donc utile de construire un modèle destiné à supporter normalement une basse tension, et dont la forme soit mieux appropriée.

La construction de pareilles lampes permet d'ailleurs une grande simplification : grâce à leur faible échauffement, facile à diminuer encore par une réfrigération convenable, on n'a plus à craindre la rupture, par inégalité de dilatation du raccord quartz-verre. On peut alors, évitant toute introduction d'électrodes à travers l'enveloppe de quartz, réunir celle-ci par un rodage, à une pièce de verre à laquelle sont soudées les arrivées de courant.

J'ai construit ainsi quelques lampes dont la partie en quartz transparent a la forme d'un tube à essai. Un peu de mercure placé au fond sert de cathode; le courant lui est amené par un fil de fer protégé par un petit tube de quartz opaque occupant l'axe de la lampe; l'anode est un petit cylindre de fer. Enfin le support en cuivre maintenant la lampe par le haut, avant le rodage, sert en même temps à la refroidir par conductibilité : elle ne perd ainsi rien de sa forme dégagée.

Cet arc au mercure peut être alimenté par du courant alternatif : il faut, dans ce cas, mettre deux anodes constituées par des palettes de fer séparées l'une de l'autre par une lame de mica, et souder une troisième entrée de courant au bouchon de verre.

La lampe ainsi construite fonctionne dans toutes les positions, depuis la verticale jusqu'à une faible inclinaison sur l'horizontale. D'une construction simple et peu coûteuse, elle paraît se prêter particulièrement bien aux recherches de laboratoire.

PHYSIQUE. — *Méthode simple pour déterminer la densité des poudres minérales.* Note de **Maurice Billy**, transmise par M. A. Haller.

I. Les différentes méthodes employées jusqu'à présent pour prendre la densité des métaux pulvérulents [méthode du flacon avec ou sans compression de la poudre ([1]) et méthode de flottement ([2])] ne permettent pas de supprimer complètement les causes d'erreur qui proviennent de l'interposition d'innombrables petites enveloppes gazeuses autour des éléments solides. Ce sont des méthodes longues et délicates qui laissent le plus souvent beaucoup d'incertitude.

Pour éviter ces inconvénients, j'ai imaginé de faire disparaître l'enveloppe gazeuse adhérant à la matière pulvérulente en opposant aux forces capillaires une force d'affinité chimique énergique, ce qui a permis d'augmenter très notablement la rapidité des mesures et d'en décupler la précision.

Pour cela, j'ai remplacé l'eau généralement employée, par une liqueur de potasse bouillie à peu près normale, et l'air qui se fixe aux particules minérales, par de l'anhydride carbonique, ainsi aucune bulle de gaz ne vient plus augmenter le volume du minéral divisé, puisqu'elle est absorbée par la liqueur.

II. Dans un flacon à densité on substitue à l'air, au moyen de vides successifs combinés avec un léger chauffage, de l'anhydride carbonique dans des conditions de température et de pression toujours identiques; puis on ferme toute communication entre le flacon qui contient la poudre et les autres appareils; on introduit alors la moitié environ de la liqueur alcaline nécessaire pour remplir le flacon, on l'agite légèrement, puis on continue le remplissage.

Pour faciliter ces différentes opérations, j'ai fait construire un petit appareil qui abrège beaucoup la durée de l'expérience; la figure explique le fonctionnement.

Par le robinet latéral se fait le vide ou l'arrivée de gaz carbonique; par le robinet à pointeau central arrive la liqueur alcaline au moment opportun.

([1]) Chwolson, *Traité de Physique*, t. I, p. 569 et 763; Le Chatelier et S. Wologdine, *Comptes rendus*, 1908, t. 146, p. 48.

([2]) Retgers, *Zeits. phys. Chem.*, 1889, p. 289, et 1893, p. 329.

Quand le picnomètre est plein jusqu'à la naissance du col, on enlève l'appareil remplisseur, on termine comme dans les opérations classiques de la méthode du flacon ; on a donné au flacon la forme d'un tube de centrifugeuse, ce qui permet de l'appliquer commodément aux poudres difficiles à décanter.

On prend la densité de la liqueur alcaline par rapport à l'eau à 4° dans les mêmes conditions où l'on a opéré avec la poudre, c'est-à-dire qu'on l'introduit dans le flacon

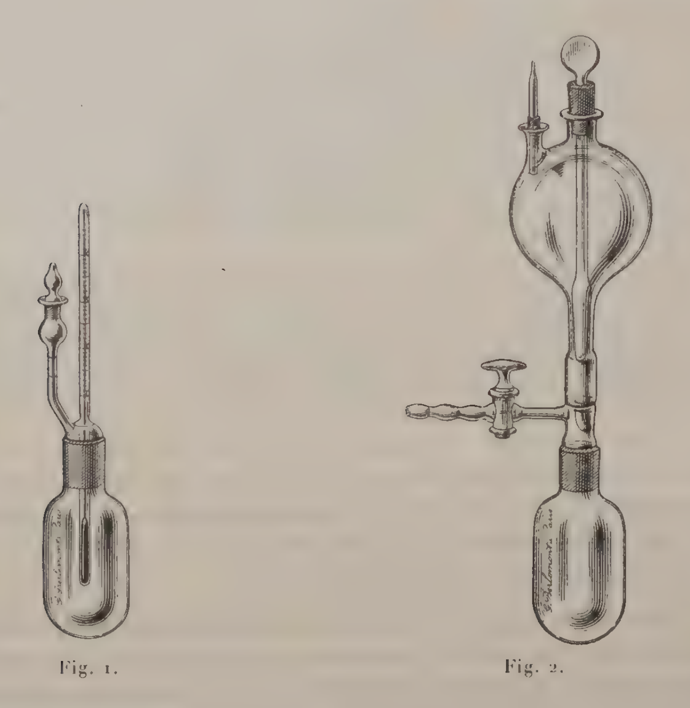


Fig. 1. Fig. 2.

plein de gaz carbonique. On peut considérer que la densité de la liqueur reste constante pendant 15 jours.

III. Pour déterminer l'exactitude de la méthode, j'ai réalisé des séries de mesures comparatives par son moyen et par les méthodes usuelles en opérant dans des conditions semblables sur des verres d'optique non trempés et qui fournissent par pulvérisation des poudres bien homogènes. On avait, au préalable, déterminé la densité exacte des blocs de verre employés. On a deux moyens d'apprécier la précision obtenue par cette méthode par rapport aux anciennes, d'une part la concordance des mesures individuelles entre elles, d'autre part celle des résultats fournis par la poudre avec ceux que donnait, au préalable, la même substance en bloc.

Rapport entre le poids de l'échantillon et le poids du même volume de liqueur alcaline.

N° 1. — Op. à 11°.

Bloc.......	7,151 : 2,275 = 3,143	6,579 : 2,093 = 3,143	2,534 : 0,806 = 3,144
Poudre....	6,558 : 2,086 = 3,144	5,732 : 1,823 = 3,144	2,344 : 0,745 = 3,142

N° 2. — Op. à 0°.

Bloc.......	4,314 : 1,284 = 3,360	6,404 : 1,906 = 3,360	3,252 : 0,968 = 3,359
Poudre....	3,968 : 1,181 = 3,359	5,928 : 1,764 = 3,360	3,083 : 0,918 = 3,358

N° 3. — Op. à 0°.

Bloc.......	5,290 : 2,189 = 2,417	6,248 : 2,585 = 2,417	3,755 : 1,556 = 2,417
Poudre....	4,812 : 1,992 = 2,416	5,841 : 2,417 = 2,417	3,503 : 1,450 = 2,416

On voit que l'exactitude atteint souvent l'ordre du $\frac{1}{3000}$, c'est-à-dire l'*ordre de précision de la balance employée*. Dans les mêmes conditions (mêmes échantillons, même balance) les mesures usuelles ne fournissent pas de résultats concordant à plus de $\frac{1}{300}$ près.

Cette méthode s'applique à tous les corps insolubles dans l'eau, en particulier pour déterminer les masses spécifiques des poudres magnétiques, et c'est précisément une étude de celles-ci qui m'a conduit à modifier la technique habituelle pour prendre les densités. Enfin cette méthode, vu sa précision, pourra s'appliquer avantageusement à la mesure des densités des corps susceptibles de contenir des bulles ou des fissures (ce qui est le cas le plus général) et qu'on aura intérêt à pulvériser pour éviter toute erreur de ce fait.

La précision nouvelle obtenue dans la picnométrie des poudres a finalement cette conséquence imprévue : qu'il y a intérêt à pulvériser tous les solides avant de prendre leur densité.

Ce travail sera développé ultérieurement dans un Mémoire spécial.

PHYSIQUE. — *Un cas remarquable de résonance optique.* Note de M. **Louis Dunoyer**, présentée par M. Villard.

Parmi les raies d'émission d'une vapeur, il en est certaines qui jouissent de la propriété suivante : quand on envoie à travers cette vapeur un faisceau lumineux dont la longueur d'onde est celle de l'une de ces raies, la

trace du faisceau à travers la vapeur devient, à son tour, une région d'émission pour cette longueur d'onde. La question de savoir quelles sont les raies d'émission qui jouissent de cette propriété remarquable est loin d'être résolue. M. Wood ([1]) a montré, en particulier, que la raie 2536 du mercure donne un exemple très net de ce phénomène. J'ai observé moi-même ([2]) qu'un faisceau de lumière blanche marque son passage à travers de la vapeur de sodium pure en provoquant la luminescence de cette vapeur. Cette luminescence est orangée, et je n'ai pu y observer que la raie D. Ce sont les premiers exemples d'un phénomène qu'il est bien difficile d'interpréter autrement qu'en admettant l'existence dans la vapeur de résonateurs accordés sur la longueur d'onde excitatrice.

Que se passe-t-il quand la densité de la vapeur augmente? On peut s'attendre à ce que l'absorption de la lumière excitatrice soit de plus en plus rapide, qu'elle pénètre de moins en moins à travers la vapeur, et que par suite la région de résonance se confine au voisinage de la paroi. Si la densité de la vapeur ou des résonateurs moléculaires devient assez grande, on peut prévoir que la couche de résonance sera extrêmement mince et constituera, sur la paroi interne du récipient contenant la vapeur, une source de lumière monochromatique qui rayonnera à son tour dans toutes les directions. Tout se passera comme si la surface intérieure du récipient était devenue parfaitement *diffusante*.

On peut même se demander, quoique cela ne paraisse pas évident, si la vapeur ne peut, sous une densité suffisante, *réfléchir* régulièrement la lumière excitatrice. En fait, c'est ce que M. Wood a observé pour la vapeur de mercure et la radiation 2536 ([3]).

Si l'on opère avec de la vapeur de sodium pure, le phénomène de résonance superficielle diffuse est d'une observation très aisée.

Le dispositif le plus commode consiste à chauffer, dans le courant de gaz chauds qui sort d'une cheminée au bas de laquelle brûle un bec Bunsen, un petit ballon de quelques centimètres de diamètre, soigneusement vidé de gaz, et contenant un peu de sodium pur. On forme sur la paroi du ballon l'image de la flamme d'un bec Meker dans lequel on fait arriver de l'air chargé de gouttelettes par pulvérisation d'une solution très étendue de chlorure de sodium. Au lieu de former exactement l'image de la flamme, il est mieux de former celle d'une fenêtre à contours nets pratiquée dans une cheminée entourant la flamme. Si l'on se place en dehors du

([1]) *Phil. Mag.*, t. XXIII, 1912, p. 689.

([2]) *Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 333.

([3]) *Phil. Mag.*, t. XVIII, 1909, p. 187 et t. XXIII, 1912, p. 689.

faisceau des rayons réfléchis régulièrement par la paroi, cette image est invisible quand le ballon est froid et que la paroi est propre. Quand la température s'élève, on commence à apercevoir, dès qu'elle dépasse 100°, la trace du faisceau lumineux excitateur qui traverse le ballon. Peu à peu la luminosité de résonance augmente d'intensité. Au-dessous de 200° environ, elle présente à un haut degré un caractère très remarquable, que j'avais déjà observé, mais moins nettement, avec l'excitation par la lumière blanche : au lieu de se limiter exactement au chemin suivi par le faisceau excitateur, la luminosité est très diffuse et semble remplir tout le ballon. Il s'agit là d'une *résonance secondaire* analogue à celle que M. Wood a observée avec la vapeur de mercure pour la raie 2536.

Si la température continue à s'élever, cette lueur diffuse diminue de plus en plus, mais aussi la pénétration de la lumière excitatrice dans la vapeur. Vers 250°, la région de résonance ne s'étend guère que sur une épaisseur de 5^{mm} à 6^{mm}. A 300° environ, son épaisseur n'est plus appréciable à la vue. De quelque endroit qu'on regarde alors la face antérieure du ballon, à condition que le rayon visuel ne traverse pas la vapeur, on aperçoit l'image de la source avec autant de netteté que si cette image était formée sur une feuille de papier blanc collée à l'intérieur du ballon.

L'observation de ce phénomène paraît très suggestive. Je me bornerai pour le moment aux remarques suivantes :

J'ai fait au début une distinction entre le phénomène de *résonance superficielle diffuse* que je viens de décrire et celui de *réflexion régulière* que M. Wood a observé avec la vapeur de mercure. Il est fort probable que si la vapeur de sodium était rendue suffisamment dense, on observerait aussi une réflexion régulière. Malheureusement, l'attaque du verre est trop rapide, dès 400°, pour permettre d'atteindre une densité de vapeur un peu importante. A 300°, la tension de vapeur est seulement de l'ordre de $0^{mm},1$. Toutefois, il sera intéressant d'étudier la loi de répartition de la lumière diffusée par l'image de résonance dans les différentes directions, pour voir si cette loi se rapproche de la réflexion régulière quand la température s'élève.

Bien que la lumière dont l'excitation est efficace pour produire la résonance soit très rapidement arrêtée par les premières couches de vapeur qu'elle traverse, il est digne de remarque que l'absorption globale de la lumière émise par le brûleur soit très faible. Vue à travers le ballon plein de vapeur chaude, la flamme ne semble pas avoir diminué d'éclat d'une manière appréciable. Il est donc fort probable que la lumière excitatrice utile est limitée à une région très fine au centre des raies D. C'est ce que des expériences en cours sur l'absorption de la vapeur de sodium pure me permettront, je pense, de vérifier. Le fait est d'ailleurs à rapprocher de cette observation que l'image de résonance superficielle diffuse ne semble

augmenter que très peu d'éclat quand on enrichit beaucoup en sodium la source éclairante, dont l'éclat augmente ainsi considérablement. Cette augmentation d'éclat est, par conséquent, due à l'élargissement des raies, beaucoup plus qu'à l'augmentation d'intensité de leurs parties centrales.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La détente adiabatique dans les liquides.* Note de M. L. Gay, transmise par M. A. Haller.

Je me suis proposé de déterminer expérimentalement la dilatation produite, dans les liquides, par la détente adiabatique de 2^{atm} à 1^{atm}.

Du coefficient de compressibilité adiabatique, $\gamma = -\frac{1}{V}\frac{\Delta V}{\Delta P}$, trouvé on peut tirer le coefficient de compressibilité isothermique β

$$\beta = \gamma + \alpha\frac{dt}{dP},$$

$$\frac{dt}{dP} = \frac{T\alpha}{EcD} = \frac{T\alpha}{41,3cD} \quad (^1),$$

$$\beta = \gamma + \frac{T\alpha^2}{41,3cD}.$$

[α, coefficient de dilatation thermique $\frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$; $\frac{dt}{dP}$: coefficient de variation adiabatique de la température; c, chaleur spécifique à pression constante; D, densité].

L'appareil est constitué par un ballon de verre de 650^{cm^3}; à son goulot s'ajuste, par un rodage, un tube calibré divisé en millimètres; chaque division du tube correspond à $1^{mm^3},71$; on peut apprécier facilement le $\frac{1}{4}$ de millimètre.

Le ballon est placé dans une sphère de cuivre formée de deux hémisphères dont les bords sont munis de deux disques annulaires; entre ceux-ci est placé un joint d'amiante ou de cuir. Le tout est serré entre deux anneaux plats en fer munis de boulons.

La calotte supérieure est percée d'un orifice (à travers lequel passe le tube gradué), un large tube de verre s'y ajuste par l'intermédiaire d'un bouchon de liège.

Ce tube est muni à sa partie supérieure d'un robinet de laiton, à large orifice, fixé au golaz; un ajutage latéral le fait communiquer (par l'intermédiaire d'un robinet à 3 voies) soit avec une pompe, soit avec un manomètre à mercure dont les deux branches sont reliées par une partie rétrécie. Dans la détente le mercure revient sans à-coup à sa position d'équilibre.

---

(1) Bouasse, *Cours de Physique : Thermodynamique*, p. 17.

Le ballon et la sphère sont remplis du liquide étudié. La variation de température, due à la détente, est donc sensiblement la même à l'intérieur et à l'extérieur du ballon. Les échanges de chaleur sont ainsi réduits au minimum.

Toutes les mesures ont été faites à la température du laboratoire.

Le procédé opératoire est le suivant :

On élève la pression à 2^{atm} environ; on note, simultanément, la pression et le niveau du liquide dans le tube gradué; on ouvre, aussitôt, le robinet de laiton et l'on note la dénivellation du liquide.

On obtient ainsi la dilatation apparente du liquide par détente adiabatique, depuis la pression notée jusqu'à la pression atmosphérique.

On en déduit le coefficient apparent de compressibilité adiabatique.

Si b est le coefficient de compressibilité du verre du ballon, a son coefficient de dilatation cubique et si l'on admet qu'il est constamment en équilibre de température avec le liquide, le terme correctif dû au verre est

$$b - \frac{T\alpha}{41,3\,c\,D}\,a,$$

en réalité le verre se refroidissant moins que le liquide, dans la détente, ce terme correctif est compris entre la valeur précédente et b.

J'adopterai comme terme correctif, en posant $a = 2.10^{-5}$,

$$b - \frac{T\alpha}{E\,c\,D}\,10^{-5}.$$

J'ai obtenu, expérimentalement, pour le mercure,

$$\gamma_{\text{apparent}} = 1,3.10^{-6} \quad (^1).$$

(unité de pression : l'atmosphère).

En admettant

$$\beta = 3,7.10^{-6} \quad (^2),$$
$$\alpha = 1,808.10^{-4},$$
$$c = 0^c,0333,$$

on trouve

$$\gamma = 3,2.10^{-6}.$$

D'où

$$b = 1,9.10^{-6}.$$

Afin de comparer ma méthode avec les méthodes antérieures, j'ai

---

(1) J'ai verni intérieurement la sphère de cuivre afin de la protéger contre l'attaque du mercure.

(2) Amagat, Bridgman, 1909.

effectué quelques déterminations sur des corps déjà étudiés :

$$\text{Eau à } 11^\circ{,}8 : \quad \alpha = 0{,}000112; \quad D = 0{,}99955; \quad c = 1{,}00094;$$
$$\gamma = 10^{-6}46{,}7 \pm 0{,}5; \quad \beta = 10^{-6}46{,}8 \pm 0{,}5; \quad \beta(\text{Amagat}) = 49{,}7.10^{-6};$$
$$\text{benzine à } 12^\circ{,}1 : \quad \alpha = 0{,}001198, \quad D = 0{,}89993; \quad c = 0{,}4044;$$
$$\gamma = 10^{-6}60{,}1 \pm 0{,}5; \quad \beta = 10^{-6}87{,}7 \pm 0{,}5; \quad \beta(\text{Amagat}) = 87{,}6.$$

Je crois donc ma méthode assez précise en égard à sa grande simplicité.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Quelques observations à propos de la Note de Mlle Feytis sur le magnétisme des sels anhydres et hydratés.* Note de M. **G. Wyrouboff**, présentée par M. E. Jungfleisch.

J'ai lu cette intéressante Note [1] avec d'autant plus de plaisir qu'elle vient directement à l'appui d'idées théoriques, que je soutiens depuis longtemps et dont Mlle Feytis ne semble pas avoir eu connaissance.

J'ai montré, en effet, que dans les véritables *sels*, contrairement à l'opinion généralement admise, la combinaison de l'hydroxyde et de l'acide se faisait toujours par simple addition, *sans élimination d'eau*, que les véritables sels devaient, par conséquent, renfermer nécessairement de l'eau de constitution. En perdant partiellement ou complètement cette eau, ils se transformaient en des corps d'une tout autre nature, dans lesquels les parties constituantes sont dissimulées à leurs réactifs ordinaires et qui, par leur mode de formation et leurs propriétés, ressemblent fort aux éthers de la Chimie organique.

Des composés comme $CuCl^2$ et $CuCl^2.2H^2O$ ou bien $CrCl^3$ et $CrCl^3.3H^2O$ ne nous paraissent chimiquement semblables que par suite du symbolisme conventionnel de l'écriture et l'habitude prise de considérer l'eau comme étrangère à la molécule saline pour nous conformer à une théorie de l'atomicité que nous savons depuis longtemps être absolument insuffisante. En réalité, ces corps sont aussi différents que possible par leurs fonctions et par conséquent par leur structure; dès lors, quoi d'étonnant que leurs propriétés chimiques et physiques soient différentes? Cette façon de concevoir les combinaisons salines, qui s'appuie, comme je l'ai fait voir, sur un grand nombre de faits et que les récentes recherches de M. Recoura confirment pleinement, permet de prédire à l'avance que les propriétés

(1) *Comptes rendus*, t. 156, p.886.

magnétiques, qui dépendent nécessairement de la structure des corps, ne seraient pas les mêmes dans les sels anhydres et les sels hydratés. A cet égard, les observations de Mlle Feytis ne constituent qu'un nouveau contrôle de la justesse des idées que je viens de résumer; mais elles apportent aussi un fait très intéressant d'ordre physique qu'une théorie chimique ne peut prévoir. Il s'est trouvé que les composés de $CuCl^2$ et $CuCl^2H^2O$ avaient le même coefficient d'aimantation fort différent de celui du composé $CuCl^2.2H^2O$; de même, les composés $CuOSO^3H^2O$ et $CuOSO^3$. Or le corps anhydre et le corps monohydraté sont au même titre, quoique à des degrés divers, des combinaisons complexes, éthéroïdes, puisqu'elles se sont formées avec élimination totale ou partielle de l'eau, la combinaison saline normale étant $Cu(OH)^2ClH$ ou $Cu(OH)^2SO^4H^2$. Il résulterait de là, que la propriété magnétique dépend, non du nombre d'atomes accumulés dans la molécule, mais du caractère de la *fonction chimique* de cette molécule.

Cette conclusion ne s'applique-t-elle qu'au cas du cuivre et peut-être de quelques autres métaux, ou bien a-t-elle une portée générale? La question reste ouverte. Mlle Feytis a observé, il est vrai, que dans le cas du chrome les chlorures verts et les chlorures violets à divers états d'hydratation avaient le même coefficient d'aimantation et que seul le chlorure anhydre en différait, mais de ces observations on ne peut malheureusement rien conclure.

Les classiques travaux de M. Recoura et mes propres recherches ont démontré d'une façon indiscutable qu'il existait des sels normaux et des composés complexes aussi bien dans la série violette que dans la série verte, et Mlle Feytis ne nous dit pas quelle espèce de corps elle a eue entre les mains. On peut pourtant, même avec quelques centigrammes de matière, distinguer rapidement les composés salins des composés pseudo-salins, grâce à un réactif très fidèle que j'ai indiqué jadis (1). L'acide sulfochromique, dont la préparation est des plus faciles, a la curieuse propriété de précipiter la solution de tous les véritables *sels* métalliques, et de ne précipiter aucun de leurs composés complexes.

Je profite de cette occasion pour appeler encore une fois l'attention sur l'insuffisance des méthodes physiques qu'on tend de plus en plus à introduire dans l'étude des phénomènes chimiques. Je reconnais volontiers que ces méthodes sont extrêmement simples et fort expéditives,

(1) *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XXVII, 1902.

puisqu'elles se réduisent, en dernière analyse, à une série de lectures sur un instrument de mesure qu'on résume ensuite dans un tableau ou qu'on représente par une courbe; mais c'est précisément leur grande simplicité qui les rend peu aptes à résoudre les problèmes toujours très compliqués de la Chimie.

Ce n'est pas la propriété magnétique ni aucune autre propriété physique qui pourra jamais nous faire connaître avec certitude le caractère particulier des différences profondes existant entre les hydrates et les anhydrides de ce que nous appelons des *sels*. Il nous faut pour cela avoir prise sur la constitution intime des corps et employer des méthodes purement qualitatives, infiniment plus délicates et plus difficiles à manier, mais donnant en revanche des résultats certains.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un nouveau sulfate double cérique argentifère.* Note de M. **M.-Emm. Pozzi-Escot.**

Le sulfate double cérique qui fait l'objet de cette Note a été obtenu en faisant réagir le nitrate d'argent, en solution concentrée et chaude, sur une solution sulfurique concentrée et chaude de sulfate cérique.

Il se produit dans ces conditions un précipité cristallin, formé de cristaux prismatiques dichroïques jaune orangé foncé, insolubles dans la solution sulfurique de sulfate cérique. On l'essore à la trompe et on le lave avec une solution sulfurique diluée d'abord, puis avec de l'eau alcoolisée faible et glacée. On obtient ainsi un précipité jaune orangé très foncé, qui retient énergiquement un excès d'acide sulfurique. Chauffé dans un tube de verre de Bohême dans un courant d'air sec vers 400°, il perd l'acide en excès et devient anhydre, il est alors d'un beau jaune orangé vif et répond à la formule $10Ce(SO^4)^2, 6Ag^2SO^4$. En présence de vapeur d'eau, il reprend lentement l'état cristallin primitif, en fixant 2^{mol} d'eau.

L'analyse avec le sel anhydre a donné les résultats suivants :

	Trouvé.	Calculé.
Acide sulfurique SO^4	47,78	48,185
Argent (de AgCl)	24,88	24,787
Cérium (de CeO^2)	27,14	27,027

Le sulfate double anhydre est peu soluble dans l'eau froide, légèrement soluble à l'ébullition avec décomposition. Les composants peuvent y être dosés directement sans difficulté particulière.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la solubilité de l'oxalate de thorium.* Note de M. A. Colani, transmise par M. A. Haller.

J'ai entrepris une étude sur la solubilité des principaux composés de l'uranium et du thorium. J'ai été en partie devancé, en ce qui concerne le thorium, par deux Mémoires de MM. Wirth et Hauser (¹), dont je viens seulement de prendre connaissance. Après avoir étudié la solubilité de l'oxalate de thorium dans l'acide sulfurique, ces auteurs indiquent qu'on peut en déduire la solubilité dans les autres acides, mais qu'avec l'acide chlorhydrique, pour une teneur supérieure à 20 pour 100, la phase solide est formée par du chloro-oxalate et non plus par de l'oxalate. Depuis assez longtemps déjà, j'ai étudié l'action de l'acide chlorhydrique sur l'oxalate de thorium, soit seul, soit en présence d'acide oxalique, cas le plus intéressant au point de vue de l'analyse quantitative. J'ai opéré à la température ordinaire et à 50°, température qu'on ne peut dépasser, les solutions d'acide oxalique se décomposant notablement dès 66° (²). A froid, le temps nécessaire pour obtenir des solutions en équilibre est toujours fort long et peut atteindre trois mois. Il dépend naturellement de la quantité d'oxalate en présence dans le liquide et de la manière dont on le maintient en suspension. Pour les teneurs un peu fortes en acide chlorhydrique, l'oxalate cristallise très nettement, tout en répondant toujours à la formule

$$Th(C^2O^4)^2.6H^2O.$$

Il peut même y avoir dissolution rapide et complète de l'oxalate, puis précipitation lente de l'oxalate cristallisé. J'ai obtenu les résultats suivants, tous exprimés en grammes et rapportés à 100^g de solution, la quantité d'oxalate dissous étant indépendante, pour ces concentrations en acide chlorhydrique, de la quantité d'oxalate en contact avec le liquide.

Température.	H Cl.	Th.	$Th(C^2O^4)^2$.	Température.	H Cl.	Th.	$Th(C^2O^4)^2$.
°				°			
17....	0	0,0010	0,0017	50....	0	0,0010	0,0017
17....	1,2	0,0020	0,0035	50....	4,1	0,0058	0,010
12 ...	3,2	0,0027	0,0047	50....	8,4	0,016	0,028
17....	3,6	0,0035	0,0061	50....	12,4	0,033	0,057
17....	4,6	0,0054	0,0094	50....	16,1	0,059	0,103
17....	8,4	0,010	0,017	50....	18,0	0,077	0,134
17....	13,1	0,016	0,028	50....	19,9	0,097	0,169
17....	16,2	0,022	0,038	50....	21,6	0,133	0,232
17....	19,8	0,037	0,064				

(¹) *Zeitsch. anorg. Chem.*, t. LXXVI, 1912, p. 174; t. LXXVIII, 1912, p. 75.

(²) Lamouroux, *Comptes rendus*, t. 128, 1899, p. 999.

Le nombre correspondant à la teneur de 3,2 de HCl à 12° est plus faible que celui donné par Clève ([1]). Il a été obtenu après 3 mois de contact. Après 1 an, on a trouvé dans un autre essai $0^g,0025$ de Th pour 100^g de solution; on était donc à saturation. Le titrage de l'acide oxalique contenu dans la liqueur a donné pour le dernier essai à 17°, $0^g,028$, pour le dernier essai à 50°, $0^g,101$ de C^2O^4, ce qui montre qu'il n'y avait pas eu destruction d'acide oxalique.

Pour des teneurs plus fortes en acide chlorhydrique (voisines et un peu supérieures à celles correspondant au minimum de solubilité de l'acide oxalique dans l'acide chlorhydrique), l'oxalate de thorium est transformé en chloro-oxalate avec mise en liberté d'acide oxalique. Celui-ci diminue fortement la solubilité du chloro-oxalate, et l'on trouve d'autant moins de thorium et d'autant plus d'acide oxalique dissous, qu'il y avait plus d'oxalate de thorium en présence du liquide.

La solubilité de l'oxalate de thorium dans l'acide oxalique est toujours très faible et semble passer par un minimum. On a à 50° :

$C^2O^4H^2$.	Th.
1,7	0,0002
6,5	0,0007
9,3	0,001
23,0	0,003

La solubilité de l'oxalate de thorium dans l'acide chlorhydrique est fortement diminuée par des quantités même assez faibles d'acide oxalique; puis, pour une teneur comprise entre 1 et 2 pour 100, la composition de la phase solide ne changeant pas, elle devient presque constante. On a les résultats suivants :

17°.			50°.		
HCl.	$C^2O^4H^2$ total.	Th.	HCl.	$C^2O^4H^2$ total.	Th.
1,2	0,71	0,0013	12,4	0,024	0,033
4	0,71	0,0020	12,3	0,14	0,012
8,5	0,71	0,0018	12,4	0,28	0,0054
13,2	0,71	0,0022	12,4	0,43	0,0048
13,2	1,44	0,0014	12,4	1,37	0,0033
13,3	2,63	0,0013	12,4	2,06	0,0025
			12,3	2,76	0,0026
			12,4	5,49	0,0026
			12,3	10,9	0,0017

([1]) *Bull. Soc. chim.*, 2e série, t. XXI, p. 115.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'action de l'acétylène monosodé sur les iodures alcooliques. Préparation des carbures acétyléniques vrais.* Note de MM. **Paul Lebeau** et **Marius Picon**, transmise par M. Haller.

Parmi les dérivés formés par l'acétylène avec les métaux alcalins, les composés du type C^2HM semblent devoir réagir *a priori* sur les iodures alcooliques pour donner des carbures acétyléniques vrais. Cependant, toutes les tentatives faites jusqu'ici pour atteindre ce but paraissent avoir été infructueuses. Nous avons réussi à réaliser ce genre de réaction en mettant à profit le pouvoir ionisant du gaz ammoniac liquéfié. Nous avons pu obtenir ainsi des carbures acétyléniques vrais très purs, et nous donnerons à titre d'exemple les préparations de l'allylène et de l'hexine normal.

L'acétylure alcalin que nous avons employé dans nos premiers essais est l'acétylène monosodé. Nous l'avons préparé par le procédé donné par Henri Moissan [1] et qui consiste à faire agir le gaz acétylène pur sur le sodammonium. Cette préparation présentait pour nous l'avantage de donner un produit parfaitement défini, en solution dans le liquide au sein duquel nous voulions le faire réagir.

Préparation de l'allylène. — Le chlorure et l'iodure de méthyle réagissent vers — 50° sur la solution d'acétylène monosodé dans l'ammoniac liquide.

On place, dans un ballon de verre rempli d'hydrogène sec, quelques grammes de sodium. Ce ballon porte un bouchon de caoutchouc laissant passer un tube à brome et, en outre, un tube de verre courbé à angle droit relié par un caoutchouc à vide à un autre tube vertical permettant le dégagement des gaz sur une cuve à mercure. Le tube à brome sert, d'abord, au passage du gaz ammoniac qui est liquéfié dans le ballon au moyen d'un mélange de neige carbonique et d'acétone.

Lorsque la quantité d'ammoniac liquéfié est suffisante pour donner une solution bien fluide de sodammonium, on remplace le courant de gaz ammoniac par un courant d'acétylène qui fournit alors l'acétylène monosodé dont une partie cristallise et l'autre reste dissoute. La décoloration de la liqueur indique la fin de la réaction. On laisse alors la température s'élever pour faire distiller une partie de l'ammoniac qui entraîne l'acétylène introduit en excès.

Après avoir de nouveau refroidi le ballon vers — 60°, on fait tomber goutte à goutte, à l'aide du tube à brome, une quantité d'iodure de méthyle légèrement inférieure à celle exigée pour la proportion de sodium employé en admettant, pour la réaction, l'équation suivante :

$$C^2HNa + CH^3I = NaI + CH^3 - C \equiv CH.$$

---

(1) H. Moissan, *Comptes rendus*, t. **127**, 1898, p. 913.

Lorsque tout l'iodure de méthyle est introduit [1] et qu'on a maintenu environ 5 minutes à — 45°, on laisse dégager les gaz sur la cuve à mercure. On les recueille dans des flacons renfermant une quantité d'eau suffisante pour absorber le gaz ammoniac. Après séparation de l'eau ammoniacale, on lave le résidu gazeux à l'acide sulfurique dilué. On obtient ainsi un gaz complètement absorbable par l'iodomercurate de potassium alcalin et par le chlorure cuivreux ammoniacal avec lequel il fournit un précipité jaune. La combustion eudiométrique correspond à celle de l'allylène pur.

Une expérience a été faite sur une petite quantité de sodium rigoureusement déterminée afin de vérifier l'équation donnée plus haut pour cette réaction. Le poids de sodium utilisé était de $0^{g},310$. Une fois la réaction effectuée, on a mesuré le gaz produit et dosé l'iode qui se trouvait à l'état d'iodure de sodium, ce qui permettait de calculer le poids d'iodure de méthyle mis en œuvre. Le ballon contenant l'iodure de sodium renfermait encore une petite quantité d'acétylène monosodé, précaution prise pour éviter toute réaction secondaire. Le gaz recueilli sur le mercure en présence d'eau était de $176^{cm^3},1$ à 0° et 760^{mm}. Il faut y ajouter 44^{cm^3} correspondant à la solubilité approximative de l'allylène dans le liquide aqueux. On obtient ainsi un volume total de $176,1 + 44 = 220^{cm^3},1$. La quantité d'iodure de méthyle correspondant à l'iodure d'argent provenant de l'iodure de sodium formé serait de $1^{g},46$. Elle devrait fournir $229^{cm^3},3$ d'allylène. Le rendement est donc de 96,4 pour 100 et l'on peut admettre, étant données les difficultés que présente une telle mesure, que la réaction est bien celle indiquée par l'équation citée plus haut.

Préparation de l'hexine normal. — Dans un appareil identique à celui qui vient d'être décrit pour la préparation de l'allylène, nous avons fait réagir, sur l'acétylène monosodé, de l'iodure de butyle normal. Après avoir préparé l'acétylène monosodé, on sépare dans ce cas le ballon du tube à dégagement allant sur la cuve à mercure et on le met en communication avec un tube manométrique à mercure à air libre. Ce dispositif permet de laisser la température s'élever de quelques degrés au-dessus du point d'ébullition de l'ammoniac, la réaction ne se produisant que dans le voisinage de — 30°. On maintient un excès de pression de 50^{cm} à 60^{cm} de mercure pendant 15 minutes, puis on refroidit de nouveau.

Le ballon est alors mis en communication avec un système de deux condenseurs à — 30° qui retiendront les vapeurs d'hexine entraînées par le gaz ammoniac. Lorsque ce dernier gaz est complètement éliminé, on chauffe le ballon au bain-marie et l'on recueille 30^{cm^3} d'un liquide incolore qui, lavé à l'eau acidulée par l'acide sulfurique pour enlever l'ammoniac qu'il tient en solution, puis séché sur le chlorure de calcium, distille entièrement entre 71°,5 et 72° sous 765^{mm} de pression. [Favorsky [2] a donné 68°-70° et Welt [3] 70°,5-72° pour l'hexine normal.]

La densité a été trouvée égale à 0,736 à 0°.

---

[1] Au moment de l'introduction de l'iodure, il y a parfois départ d'une petite quantité d'allylène qu'on peut aisément recueillir avec le dispositif adopté.

[2] Favorsky, *Journal de la Société physico-chimique russe*, t. XIX, 1887, p. 563.

[3] Welt, *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft*, t. XXX, 1897, p. 1494.

La tension de vapeur de ce liquide, mesurée à 12°,5, est de 75^{mm} et, à 13°,5, de 81^{mm},5.

Ce liquide possède bien les propriétés d'un carbure acétylénique vrai. Il donne par agitation, avec le chlorure cuivreux ammoniacal, un précipité jaune; avec l'iodomercurate de potassium alcalin, un précipité blanc immédiat.

L'azotate d'argent en solution alcoolique fournit un abondant précipité blanc.

La combustion a été faite et a donné les résultats suivants :

	I.	II.	Calculé pour C^6H^{10}.
C	87,44	88,08	87,80
H	12,34	12,34	12,20
	99,78	100,42	100,00

Ces deux exemples suffisent pour montrer avec quelle facilité on peut préparer, par cette méthode, des carbures acétyléniques vrais. Le pouvoir ionisant de l'ammoniac nous a même permis de faire entrer en réaction le carbure de calcium préparé au four électrique avec les dérivés halogénés des carbures d'hydrogène. Nous poursuivons l'étude de ces réactions.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Éthérification catalytique en solution étendue : préparation de l'acétate d'éthyle.* Note de M. F. **Bodroux**, transmise par M. A. Haller.

En distillant doucement, en présence d'une solution aqueuse concentrée d'iodure d'aluminium, un mélange d'acide acétique et d'alcool propylique, j'ai constaté la formation d'une grande quantité d'acétate de propyle.

La production de cet éther-sel ne peut être attribuée qu'à l'action catalytique du sel dissous. Si, en effet, on distille des mélanges d'acide acétique, de propanol et d'eau, la proportion d'acétate de propyle formée est très faible ; elle augmente notablement quand l'eau employée tient en dissolution quelques centièmes d'un sel d'aluminium ou d'acide sulfurique.

MM. Senderens et Aboulenc [1] ont préparé un grand nombre d'éthers-sels en faisant réagir les acides organiques sur les alcools en présence de quelques centièmes d'acide sulfurique. J'ai pensé qu'il était intéressant de généraliser la réaction découverte par ces savants au cas où l'un des corps employés renferme une forte proportion d'eau. Dans ce but, j'ai effectué un

(1) *Comptes rendus*, t. 152, p. 1671 et 1855; t. 153, p. 881; t. 155, p. 168.

certain nombre d'expériences : la présente Note a pour but de faire connaître les résultats obtenus avec l'acide acétique et l'alcool éthylique.

Voici le mode opératoire employé :

Le mélange d'acide acétique cristallisable, d'alcool éthylique à 95° et de la solution étendue du catalyseur était chauffé dans un ballon, surmonté d'un long tube à distillation fractionnée auquel se trouvait adapté un réfrigérant descendant. L'acétate d'éthyle commençait à passer vers 71° et l'ébullition du liquide était réglée de manière que 25 gouttes environ fussent recueillies par minute. Dans tous les cas, l'opération a été arrêtée lorsque le thermomètre marquait 85°. Après refroidissement, le titrage de l'acide libre permettait de calculer la proportion d'éther-sel formée.

Les résultats obtenus sont les suivants :

Volumes employés :			Rendement en acétate d'éthyle pour 100.
50^{cm^3} d'eau contenant SO^4H^2 pour 100.	Alcool éthylique.	Acide acétique.	
1 cm³	30 cm³	25 cm³	49,1
2	30	25	59,4
5	35	25	82,2
10	35	25	88,7
5	70	50	87,9
10	70	50	92,1
1	50	50	69,1
5	100	100	76,8

Les chiffres contenus dans ce Tableau montrent que le rendement en éther-sel dépend des quantités d'acide acétique, d'alcool et d'acide sulfurique étendu qui se trouvent en présence. Pour des volumes déterminés d'éthanoïque et d'éthanol, la quantité d'acide organique éthérifié est d'autant plus grande que la teneur en SO^4H^2 de la solution aqueuse utilisée est plus considérable.

Pour la préparation de l'acétate d'éthyle, il n'est donc pas nécessaire d'employer, comme on le fait industriellement, de l'alcool à haut titre. Étant donnée l'importance de cet éther-sel, cette remarque peut présenter un certain intérêt pratique.

Les acides chlorhydrique, azotique, iodique, phosphorique, oxalique et picrique, en solutions très étendues, fournissent des résultats analogues. 50^{cm^3} de la dissolution du catalyseur ayant été chauffés avec 50^{cm^3} d'acide acétique et 70^{cm^3} d'alcool, le rendement en éther-sel a été le suivant :

Catalyseur dans 100^{cm^3} de solution.		Rendement en acétate d'éthyle pour 100.
HCl pur du commerce	10^{cm^3}	88,9
NO^3H »	5^{cm^3}	86,1
PO^4H^3 liquide, $d=1,7$	10^{cm^3}	63,3
Acide iodique	5^g	68,2
Acide picrique	5^g	72,9
Acide oxalique	5^g	46,2

Dans l'expérience faite avec l'acide iodique, ce composé a été complètement détruit et, en même temps que l'acétate d'éthyle, il y a eu formation d'éthanal.

La distillation d'un mélange de 70^{cm^3} d'alcool, 50^{cm^3} d'acide acétique et 50^{cm^3} d'eau, effectuée dans les mêmes conditions que précédemment, fournit seulement 7,5 pour 100 d'éther acétique.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action des températures élevées sur les nucléases desséchées d'origines végétales.* Note [1] de M. **E.-C. Teodoresco**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Dans une précédente Note, j'ai communiqué à l'Académie des Sciences [2] que les nucléases des Cryptogames, en solution aqueuse, ne perdent complètement leurs propriétés diastasiques qu'après avoir été chauffées audessus de 90°. Je me suis proposé d'examiner si ces mêmes diastases ne seraient pas capables de résister à des températures encore plus hautes, lorsqu'on les chaufferait à l'état desséché.

Dans la présente Note j'exposerai, à ce dernier point de vue, les résultats de mes recherches sur les nucléases de l'*Evernia prunastri*, du *Sticta pulmonacea*, du *Lycoperdon gemmatum* et de la Levure de bière.

Première expérience. — 13^g d'*Evernia prunastri* avec 100^{cm^3} d'eau distillée dans le flacon A, avec 100^{cm^3} de nucléate de sodium à 0,4 pour 100 dans les flacons B et C; le matériel du flacon C a été préalablement chauffé pendant 30 minutes à 120°, tandis que celui du flacon D a été chauffé à 140° pendant le même temps. Après 40 heures, on détermine la teneur des liquides en phosphore et l'on trouve :

---

(1) Présentée dans la séance du 17 mars 1913.

(2) *Comptes rendus*, t. 155, p. 154.

	Températures.	Phosphore minéral (P^2O^5) trouvé (1).	Phosphore minéralisé (1).
	o	mg	mg
A................	100 (bouilli)	7	0
B................	35	101,3	94,3
C................	120	88,8	81,8
D................	140	55,5	48,5

Deuxième expérience. — 4g d'*Evernia prunastri* dans chaque flacon A, B, C, D; le matériel du flacon C préalablement chauffé à 149°, celui du flacon D d'abord chauffé à 149°, ensuite bouilli. Dans A 80cm³ d'eau distillée, dans B, C et D 80cm³ du nucléate de sodium à 0,4 pour 100. Le Tableau suivant résume les résultats de l'expérience au bout de 6 jours :

	Températures.	Phosphore minéral trouvé (P^2O^5).	Phosphore minéralisé.
	o	mg	mg
A..........	100 (bouilli)	3,5	0
B..........	35	12,9	9,6
C..........	145	9,2	5,9
D..........	145	3,3	0

Troisième expérience. — 10g de *Sticta pulmonacea* sont mis en contact avec 100cm³ de liquide, dans les flacons suivants : A, matériel bouilli, avec de l'eau distillée; B, matériel non bouilli, avec du nucléate de sodium à 0,4 pour 100; C, matériel préalablement chauffé à 132°; D, matériel chauffé à 143°; E, matériel chauffé à 151°; F, matériel chauffé à 162°. Dans les flacons C à F les tissus sont mis en contact avec une solution de nucléate de sodium à 0,4 pour 100. On constate les quantités suivantes de phosphore :

		Au bout de 10 jours.		Au bout de 20 jours.	
	Températures.	Phosphore minéral trouvé.	Phosphore minéralisé.	Phosphore trouvé.	Phosphore minéralisé.
	o	mg	mg	mg	mg
A...	100 (bouilli)	traces	0	3,75	0
B...	35	70	70	78,75	75,0
C...	132	60	60	72,5	68,75
D...	143	40	40	52,5	48,75
E...	151	22	22	30,0	26,25
F...	162	17,5	17,5	30,0	26,25

Quatrième expérience. — 31g,5 de *Lycoperdon gemmatum*, qui avait été desséché à 35°, sont divisés en trois parties : A bouillie, avec de l'eau distillée; B non bouillie, avec du nucléate de sodium à 0,4 pour 100; C préalablement chauffée à 131°, également avec du nucléate de sodium à 0,4 pour 100. Après 24 heures on trouve :

(1) Dans 100cm³ de liquide.

	Températures.	Phosphore minéral trouvé (P^2O^5).	Phosphore minéralisé.
A	100° (bouilli)	84mg	0 mg
B	35	193,4	109,4
C	131	122,2	38,2

Cinquième expérience. — 50g de *Lycoperdon gemmatum* desséché à 35° sont divisés en cinq parties et mises en contact avec 125cm³ liquide : A bouillie, avec de l'eau distillée ; B non bouillie, avec de l'eau distillée ; C non bouillie, avec du nucléate de sodium à 0,4 pour 100 ; D préalablement chauffée pendant 30 minutes à 141°, avec de l'eau distillée ; E chauffée également à 141°, mais mis en contact avec du nucléate de sodium. Après 24 heures, la teneur des liquides en phosphore est la suivante :

	Températures.	Phosphore minéral trouvé (P^2O^5).	Phosphore minéralisé.
A	100° (bouilli)	80 mg	0 mg
B	35	127,7	47,7
C	35	218,4	138,4
D	141	88,8	8,8
E	141	111,1	31,1

Sixième expérience. — 30g de *Lycoperdon gemmatum* desséché à 35° sont divisés en trois parties égales et mises en contact avec 100cm³ de liquide : A bouillie, avec de l'eau distillée ; B non bouillie, avec du nucléate de sodium à 0,4 pour 100 ; C préalablement chauffée à 156°, mise ensuite dans une solution de nucléate à 0,4 pour 100. Le Tableau suivant résume les résultats obtenus :

	Températures.	Phosphore minéral trouvé (P^2O^5).	Phosphore minéralisé.
A	100° (bouilli)	112,9 mg	0 mg
B	35	197,1	84,2
C	156	112,9	0

Septième expérience. — 100g de Levure de bière sont divisés en cinq parties, mises chacune en contact avec 200cm³ de liquide : A bouillie, avec de l'eau distillée ; B non bouillie, avec du nucléate à 0,5 pour 100 ; les trois autres parties avec la même solution de nucléate, mais C chauffé à 133°, D à 153°, E à 166°. Après 4 jours, on a trouvé les quantités suivantes de phosphore :

	Températures.	Phosphore minéral trouvé (P^2O^5).	Phosphore minéralisé.
A	100° (bouilli)	232 mg	0 mg
B	35	335	103
C	133	275	43
D	153	245	13
E	166	230	0

Conclusion. — Les nucléases desséchées des plantes étudiées dans les expériences précédentes ne perdent toute activité envers le nucléate de sodium qu'après un chauffage de 30 minutes à des températures assez élevées : la nucléase de l'*Evernia prunastri* ne devient inactive qu'après 145°, celle du *Lycoperdon gemmatum* entre 141° et 156°, celle de la Levure de bière après 153°, et celle du *Sticta pulmonacea*, la plus résistante, ne perd toute activité qu'après 162°.

BOTANIQUE. — *Sur le début de la différenciation vasculaire dans la plantule des* Veronica. Note de M. **Maurice Lenoir**, présentée par M. Gaston Bonnier.

J'ai étudié la structure des plantules, depuis l'état d'embryon dans la graine jusqu'au moment de l'épanouissement des cotylédons, dans une quinzaine d'espèces du genre *Veronica*.

Je prendrai pour type, dans cette Note, la plantule de *Veronica serpyllifolia*.

Si l'on examine la différenciation des tissus vasculaires dès leur apparition, par l'étude de coupes en séries ininterrompues, les unes transversales, les autres longitudinales, on voit que dans le premier stade il se forme d'abord dans chacun des deux futurs groupes libériens et des deux futurs groupes ligneux, soit un seul tube criblé, soit un seul vaisseau du bois. Les deux premiers tubes criblés se différencient avant les deux premiers vaisseaux du bois.

Si l'on étudie la différenciation d'un de ces tubes criblés, à l'état le plus jeune que j'aie pu observer, on voit qu'il s'est déjà formé un seul tube criblé continu depuis le haut du cotylédon jusqu'à la base de l'axe hypocotylé ; cette différenciation de ce premier tube criblé unique, dans chacun des deux groupes libériens, se poursuit ensuite dans la radicule, à mesure que celle-ci se développe, toujours en continuité avec ce même tube criblé.

En suivant la même différenciation du premier vaisseau du bois de chacun des deux futurs groupes ligneux, on voit la différenciation se produire plus nettement du haut vers le bas, c'est-à-dire d'abord dans le cotylédon, ensuite dans l'axe hypocotylé et enfin dans la radicule.

Considérons ces deux premiers tubes criblés ; à quelque hauteur qu'on les observe dans cette jeune plantule, ils ne sont jamais séparés de l'écorce que par une seule assise de cellules parenchymateuses. Or, le plan passant par l'axe de la plantule et par

ces deux tubes criblés, au-dessus du sommet de l'axe hypocotylé (c'est-à-dire dans l'ensemble des deux cotylédons un peu plus haut que leurs bases), encore appliqués l'un sur l'autre, est perpendiculaire au plan qui passe par l'axe de la plantule et par ces deux tubes criblés au-dessous de la base de l'axe hypocotylé, c'est-à-dire dans la radicule. Entre ces deux régions, si l'on suppose que l'examen soit fait de haut en bas, on voit qu'à partir de la région basilaire des cotylédons, la différenciation de l'un ou de l'autre de ces tubes criblés se fait dans un plan de plus en plus oblique, par rapport au plan supérieur dont je viens de parler. De la sorte, à la base de l'axe hypocotylé, cette différenciation finit par se produire dans un plan perpendiculaire au premier. Remarquons que le tube criblé d'un des cotylédons se trouverait ainsi comme déplacé vers la gauche par rapport au plan de symétrie supérieur à mesure qu'on va de haut en bas, tandis qu'au contraire le tube criblé de l'autre cotylédon se trouverait comme déplacé vers la droite. Il en résulte, à ce premier stade, une sorte d'asymétrie vasculaire dans l'ensemble des éléments criblés des deux cotylédons. D'ailleurs la symétrie vasculaire est ultérieurement rétablie par la différenciation d'un deuxième tube criblé dans chaque cotylédon.

Considérons maintenant les deux premiers vaisseaux du bois. Dans les cotylédons, ces éléments vasculaires sont séparés de l'écorce par un certain nombre d'assises de cellules parenchymateuses, tandis que dans la radicule ils ne sont séparés de l'écorce que par une seule assise de cellules (comme le sont partout les tubes criblés), mais le plan qui passe par l'axe de la plantule et par ces deux premiers vaisseaux du bois, dans l'ensemble des deux cotylédons est le même que celui qui passe par l'axe de la radicule et les prolongements de ces deux mêmes vaisseaux. Si l'on suit de haut en bas la différenciation de l'un de ces vaisseaux, elle se fait toujours dans le même plan, mais en se rapprochant de plus en plus de l'écorce jusqu'à n'en être plus séparée que par une seule assise parenchymateuse vers le milieu de l'axe hypocotylé.

En examinant la suite de la différenciation des éléments libériens et ligneux après ce premier stade, on voit s'organiser dans chacun des cotylédons un faisceau libéro-ligneux normal, et dans la radicule deux faisceaux libériens alternant avec deux faisceaux ligneux. L'axe hypocotylé, surtout dans sa moitié supérieure, s'organise en des structures intermédiaires entre ces deux types extrêmes.

Les observations portant sur les autres espèces de Véroniques m'ont donné sensiblement les mêmes résultats.

En résumé : l'examen des plantules des Véroniques fournit, au premier stade de la différenciation vasculaire, un exemple très net de la continuité dans la formation des premiers tubes criblés et des premiers éléments du bois. On voit aussi comment, dans cette différenciation, l'orientation des premiers éléments libériens est différente de celle des premiers éléments ligneux aux diverses hauteurs de la plantule. Enfin dans chaque cotylédon se révèle, au début du premier stade, une asymétrie dans la position du premier tube criblé qui se trouve corrigée peu après par l'apparition d'un second tube criblé symétrique.

BOTANIQUE. — *De l'influence de l'albumen sur le développement de l'embryon.* Note de MM. **Marcel Dubard** et **J.-A. Urbain**, présentée par M. Gaston Bonnier.

D'après les travaux de Sachs, Van Tieghem, Blocizewski, Brown et Morris, une certaine indépendance existerait entre l'embryon et l'albumen; c'est ainsi qu'on peut, sans nuire au développement de la plantule, remplacer l'albumen par certaines préparations artificielles ou même en supprimer une fraction; au contraire, l'ablation totale de l'albumen permettrait bien à la jeune plante de végéter pendant un certain temps, mais non pas de fournir une évolution complète, la différenciation de la gemmule se trouvant assez vite entravée.

Ayant repris ces expériences, dans le but de comparer d'une façon précise le développement d'un embryon privé de son albumen à celui d'un embryon tout à fait comparable, mais laissé dans la graine intacte, nous avons constaté que, moyennant certaines précautions, on peut obtenir une évolution complète, avec un retard plus ou moins accentué par rapport à la germination normale; l'expérience réussit avec les espèces les plus variées et quelle que soit la nature des réserves de l'albumen.

Nous commençons par placer les graines dans l'eau, à une température de 15° à 20° pendant un certain temps, afin de gonfler leurs tissus et de rendre possible l'extraction de l'embryon sans le léser. Il se produit évidemment un commencement de germination et un réveil de l'activité vitale, car on observe, au bout de quelques heures, une très légère élongation de la radicule.

C'est, en moyenne, au bout de 24 heures que nous extrayons l'embryon et, dans certains cas, nous avons encore pu réduire cette phase préliminaire; après ce temps, l'albumen est encore intact et ne présente aucune trace de digestion; le contact éphémère de celui-ci ne paraît donc pas avoir fourni à l'embryon la moindre proportion de matière; tout au plus, a-t-il pu contribuer à réveiller l'activité des cellules de la plantule et à amorcer la sécrétion des diastases, et encore ce rôle nous paraît bien problématique.

Les embryons extraits sont disposés au fond d'une assiette, sur du buvard humecté d'une solution de Knop, et recouverts d'une cloche; la température est maintenue entre 15° et 20°, et les plantules sont soumises à un éclairement favorable au développement de la chlorophylle. Dans ces con-

ditions, nous avons toujours observé les phases régulières de la germination et, en particulier, le développement progressif de la gemmule qui s'allonge en une tige feuillée. Lorsque les jeunes plants sont jugés assez vigoureux, ils sont mis en pots et maintenus dans les conditions les plus favorables à leur croissance.

De cette façon, nous avons obtenu pour toutes les espèces étudiées un développement tel qu'il ne peut y avoir aucun doute sur le succès ultérieur de nos cultures; nous nous réservons de faire connaître plus tard les particularités de leur évolution jusqu'à la floraison et à la fructification. Les Graminées se prêtent très facilement à ce genre de recherches: voici, à titre d'exemple, les résultats obtenus avec le *Blé*, l'*Avoine* et l'*Orge*.

Nous partons de 30 caryopses aussi comparables que possible et, après les avoir débarrassés de leurs glumelles, nous les mettons à ramollir dans l'eau pendant quelques heures, puis nous isolons 5 embryons dont nous prenons le poids moyen. Les plantules et les graines témoins sont mises en germination sur du buvard imprégné de solution de Knop (à la concentration totale de $0^g,5$ par litre); le second et le troisième jour ([1]), nous isolons encore 5 embryons du lot et nous en prenons chaque fois le poids moyen. On note à ce moment, et aussi bien chez les embryons isolés que chez les graines intactes, que la gemmule s'est redressée et que de nombreuses racines adventives se sont développées, mais la gemmule n'est verte que chez les embryons isolés le troisième jour et chez les témoins; elle reste encore jaunâtre chez les autres.

Du premier au troisième jour, les plantules albuminées ont pris un accroissement de poids qui dépasse de $0^g,005$ pour l'Orge et l'Avoine et de $0^g,011$ pour le Blé l'accroissement correspondant des embryons isolés le premier jour; dans le même espace de temps, la gemmule a atteint $1^{mm},5$ chez l'Avoine et l'Orge et $2^{mm},5$ chez le Blé pour les embryons isolés le premier jour, $3^{mm},5$ chez l'Avoine, $4^{mm},5$ chez l'Orge et $6^{mm},5$ chez le Blé pour les plantules isolées le troisième jour. Enfin la première racine adventive formée est à peu près deux fois plus longue chez les plantules qui ont conservé leur albumen que chez les embryons isolés dès le début.

Si l'on examine, le septième jour de l'expérience, ce que sont devenus les embryons isolés du premier au troisième jour inclus par rapport aux plantules témoins, on constate: 1° que les plantules albuminées présentent une gemmule redressée, très verte, et que leurs racines sont longues et abondamment pourvues de poils absorbants; 2° que les embryons isolés le troisième jour ne diffèrent guère comme aspect des précédents; 3° que ceux extraits dès le premier jour, tout en étant bien vivaces, sont beaucoup plus rabougris; leurs gemmules ne sont encore vertes qu'à l'extrémité supérieure; leurs racines adventives sont toujours courtes et ne portent qu'une couronne étroite de poils absorbants.

Voici un Tableau comparatif de la longueur des gemmules, qui met en relief les différences énoncées.

([1]) A ce moment, l'albumen paraît encore intact.

Embryons isolés.	Avoine.	Blé.	Orge.
	mm	mm	mm
Le premier jour..............	15	20	18
Le troisième jour............	25	35	32
Témoins albuminés............	35	45	40

Le septième jour, tous les embryons isolés et 5 témoins sont mis en pots et laissés 3 jours en serre à 18°, après quoi on les place dans une serre froide à 10°.

Le vingtième jour, on constate que toutes les plantules se sont développées, les témoins ont plusieurs feuilles étalées et ont une légère prédominance de taille sur les plantules isolées le troisième jour; par contre, celles qui ont été extraites dès le début sont moitié moins hautes et ne portent qu'une feuille étalée. A ce moment, on peut passer sans inconvénient à la culture en pleine terre.

D'autres expériences faites suivant la même technique sur le *Maïs*, la *Nigelle*, la *Belle-de-Nuit*, l'*Épinard*, le *Ricin*, le *Pavot*, le *Fenouil*, la *Carotte*, le *Févier*, le *Pin Pignon* nous ont donné des résultats analogues.

Nous nous sommes demandé en outre si des embryons, normalement exalbuminés, pourraient évoluer quand on les prive des réserves accumulées dans leurs cotylédons; nous avons donc fait végéter ces embryons dans les mêmes conditions que les précédents, après ablation des cotylédons. Les plantules ainsi opérées, restent vivantes plus ou moins longtemps suivant les espèces; mais nous n'avons jamais observé qu'un développement peu appréciable de la gemmule au moment où la plante périssait. En laissant subsister les cotylédons assez longtemps, on peut obtenir une évolution plus accentuée; mais, pour atteindre au développement complet, il est nécessaire, chez le *Haricot*, par exemple, de n'enlever ces organes qu'au bout de 7 à 10 jours, c'est-à-dire qu'au moment où ils ont cédé une grande partie de leurs réserves et où ils sont prêts de se détacher d'eux-mêmes, après avoir verdi.

En résumé : 1° L'albumen n'est jamais indispensable au développement de la plantule.

2° Cependant son influence est favorable et apparaît comme particulièrement utile pendant les premiers jours de la germination. Son action peut être évaluée par le rapport qui existe pour le développement de la gemmule entre un embryon albuminé et un embryon isolé dès le début, après une vingtaine de jours de développement.

3° Si l'on rapproche les expériences faites sur des embryons normalement albuminés de celles exécutées sur des embryons exalbuminés, on peut énoncer que la plantule, telle qu'elle existe dans la graine mûre, possède en elle les réserves indispensables à son développement. Si l'on diminue la

proportion des réserves en mutilant l'embryon lui-même, on peut obtenir, dans certains cas, une végétation prolongée, mais les plantules périssent toujours alors que la gemmule n'a encore que faiblement évolué.

BOTANIQUE. — *Les phénomènes cinétiques de la prophase hétérotypique chez le* Lobelia Erinus. Note de M. L. **Armand**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Les cytologistes étudient depuis longtemps déjà les phénomènes caryocinétiques qui accompagnent la division des cellules mères du pollen chez les végétaux; cependant, malgré les nombreuses recherches déjà faites, il existe encore, même sur des points fondamentaux, des divergences profondes qui ne pourront être résolues que par la comparaison d'observations multiples, portant sur le plus grand nombre d'espèces végétales.

Mes recherches ont porté sur diverses espèces du genre *Lobelia* qui, jusqu'à présent, n'avait fait l'objet d'aucun travail de cette nature. Dans cette première Note, je donnerai seulement le résultat de mes observations sur les phénomènes nucléaires de la prophase hétérotypique chez le *Lobelia Erinus*. Les fleurs prises à des degrés divers de développement ont été fixées au liquide de Flemming, puis, après inclusion dans la paraffine, débitées en sections de 3^{μ} à 5^{μ} d'épaisseur et colorées soit à la triple coloration de Flemming, soit à l'hématoxyline alunée suivant la méthode d'Heidenhain.

Prosynapsis. — A ce stade, les cellules-mères complètement différenciées, forment au milieu de chaque sac pollinique un massif compact. Au centre de chacune d'elles, on trouve un gros noyau sphérique, séparé du cytoplasme réticulaire par une membrane très nette et renfermant un suc nucléaire abondant, dans lequel on observe 2 à 5 nucléoles inégaux, placés excentriquement, et un réseau chromatique à mailles lâches. Ce réseau est formé par les filaments inégalement épais, où l'on peut distinguer des amas plus ou moins réguliers de chromatine englobés dans la linine, moins colorée. A ce stade, les cellules nourricières ont un seul noyau.

Synapsis. — Le réseau chromatique abandonne graduellement la plus grande partie de la cavité nucléaire dont le volume s'est nettement accru. A mesure que la contraction s'accentue, le réseau devient de moins en moins colorable, par suite de la condensation de la chromatine en certains points, où elle forme des amas disposés par paires, rappelant tout à fait les corps dits *prochromosomes*, signalés par Overton chez plusieurs Dicotylédones. A ce stade, les cellules nourricières ont un seul noyau qui entre en prophase chez quelques-unes d'entre elles. Le phénomène de contraction synaptique continue, et bientôt le réseau, complètement tassé autour des nucléoles, forme une masse compacte dans laquelle on ne peut distinguer aucune structure déter-

minée. De cette masse sortent des filaments grêles plus ou moins allongés. Certains d'entre eux sont disposés parallèlement; mais cet aspect ne peut être interprété comme produit par l'appariement de deux filaments distincts, suivant la conception de Gregoire et Bergs, car une étude attentive indique que les filaments parallèles se réunissent toujours en boucle à leur extrémité et montre ainsi qu'on a affaire à un filament unique, replié sur lui-même. A la fin de l'étape synaptique, les cellules nourricières ont pour la plupart deux noyaux.

Spirème. — De la masse synaptique émergent d'abord quelques cordons assez épais, en forme de boucles, puis le peloton synaptique se déroule peu à peu en un ruban qui serpente sous la membrane, revient vers le centre, et forme des anses qui se croisent dans toutes les directions : c'est le spirème. Le cordon qui le constitue est formé par *une série unique* de granules chromatiques irréguliers englobés dans une masse moins colorable, sur laquelle ils font saillie. Aucune observation ne conduit à supposer qu'à ce stade, ce cordon ait une nature double et soit constitué par la juxtaposition de deux filaments simples plus minces, comme le fait a été décrit par plusieurs auteurs et notamment par Overton chez diverses Dicotylédones. Je dois cependant mentionner que dans les grosses boucles qui émergent au début de la masse synaptique, on peut distinguer parfois au centre une ligne moins colorée; mais jamais on observe de clivage et de filaments nettement séparés. A ce moment l'assise transitoire interne est très aplatie et en voie de disparition.

Formation des chromosomes. — Le spirème se coupe d'abord en segments plus ou moins allongés et contournés, puis chacun d'eux se dédouble longitudinalement. Chaque chromosome double ainsi constitué est formé de deux filaments plus ou moins rapprochés ou enroulés l'un autour de l'autre. A ce moment, l'assise transitoire interne a disparu. Bientôt, la chromatine se condense en certains points de ces filaments, abandonnant la trame de linine qui la supporte et qui reste visible, et forme des bandes chromatiques plus courtes, toujours séparées en deux par une fente longitudinale. La contraction s'accentue et l'on arrive aux chromosomes doubles massifs de la diakinèse.

En résumé, les caractères essentiels de la prophase hétérotypique chez le *Lobelia Erinus* sont les suivants :

1° Formation de prochromosomes au stade prosynapsis;

2° Nature simple du spirème qui n'est pas formé par l'appariement de deux filaments distincts;

3° Division longitudinale tardive du spirème, se produisant après sa segmentation transversale;

4° Formation des chromosomes suivant le mode parasyndétique de Grégoire, c'est-à-dire aux dépens de deux moitiés placées côte à côte et non pas par boucles (mode métasyndétique), aux dépens de parties placées bout à bout dans le spirème.

PHYSIOLOGIE. — *Inscription des mouvements respiratoires au moyen de la main.* Note de M. **Marage**, présentée par M. d'Arsonval.

Quand on tient le bras le long du corps, l'avant-bras étant horizontal, le coude s'appuie sur les fausses côtes. Or, chez les sujets qui ont le type de respiration diaphragmatique très développé, le mouvement des fausses

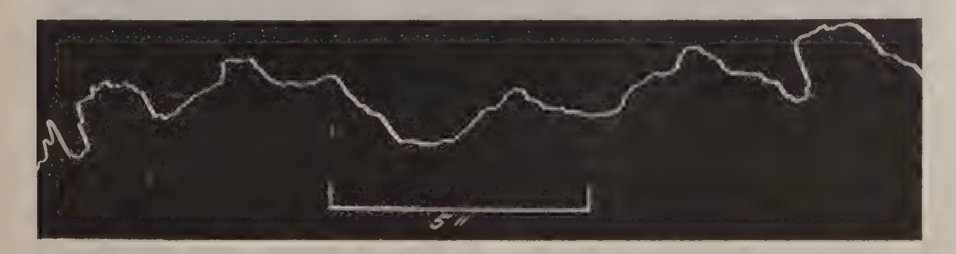


Fig. 1. — Tracé de la respiration, coude au contact du thorax. (1er sujet.)

côtes est très marqué; ce mouvement se transmet à l'avant-bras et à la main, il s'agit de l'inscrire. Pour cela, on tient entre le pouce et l'index la

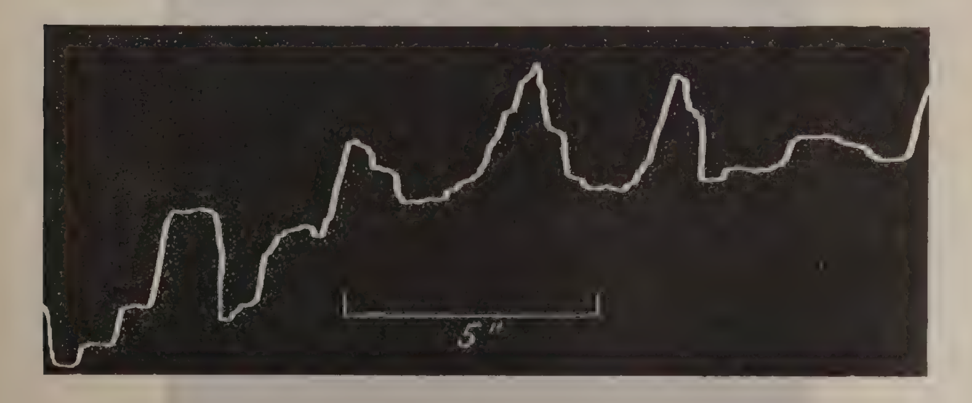


Fig. 2. — Tracé de la respiration, coude au contact du thorax. (2e sujet, sourcier.)

petite branche d'un levier horizontal du premier genre, dont la grande branche 50 fois plus longue inscrit une courbe sur une feuille de papier; on obtient ainsi un tracé, dans lequel les mouvements d'inspiration (partie ascendante) et d'expiration (partie descendante) sont très nets (*fig.* 1 et 2).

Si le coude n'est plus en contact avec le thorax, les mouvements respiratoires sont beaucoup moins apparents (*fig.* 3), mais ils existent encore, c'est la respiration thoracique supérieure qu'on inscrit.

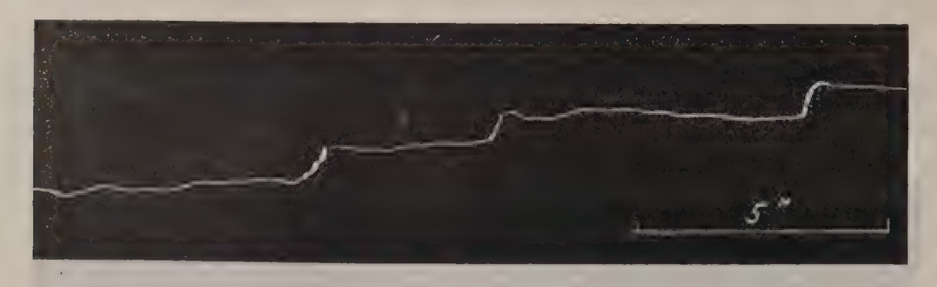


Fig. 3. — Tracé de la respiration, coude loin du corps.

Application. — Les sourciers, pour découvrir les cours d'eau souterrains, ont les deux bras appliqués le long du corps ; les mains, la paume en haut, tiennent la baguette qui est très élastique et toujours dans un état d'équilibre absolument instable ; la moindre modification dans le rythme respiratoire changera la position des mains et la baguette se mettra en mouvement.

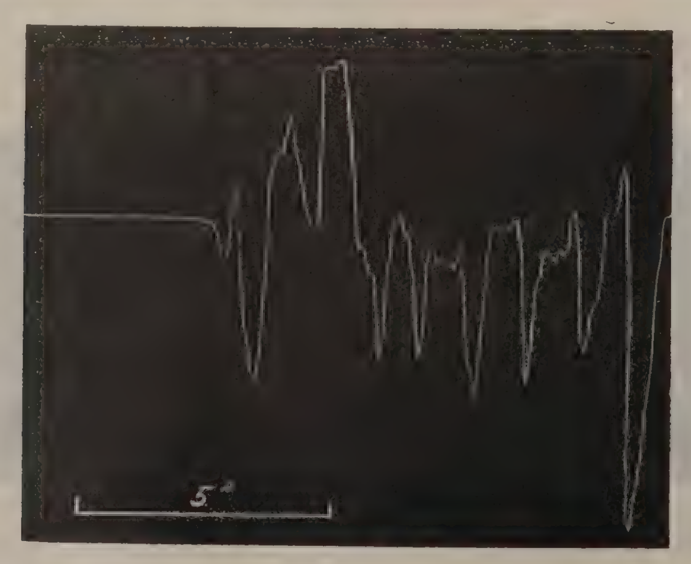


Fig. 4. — Mouvements volontaires de la main pour mettre le pendule en oscillation : ils sont du même ordre de grandeur que les mouvements inscrits figures 1 et 2.

Si l'expérimentateur emploie un pendule, le phénomène est aussi simple : il suffit, en effet, pour faire osciller le pendule, d'imprimer à la main des mouvements dont l'amplitude est du même ordre de grandeur (*fig.* 4) que ceux qui ont été inscrits figures 1 et 2.

Tous ces mouvements sont invisibles, ils n'ont pu être mis en évidence que par la méthode graphique.

Cette hypothèse semble confirmée par les faits suivants :

1° La baguette ne marche pas, ou marche mal, quand les coudes sont loin du corps, c'est-à-dire quand les membres supérieurs sont dans une position telle qu'ils ne peuvent transmettre à la main les mouvements des fausses côtes ;

2° Le pendule ne marche jamais quand la main est fixée ou simplement appuyée sur un support rigide ;

3° Les quatre sourciers que j'ai examinés ont le type de respiration diaphragmatique.

Conclusions. — Je pense, jusqu'à preuve du contraire, que chez les sourciers on se trouve en présence d'un phénomène analogue à ceux que les neurologistes rencontrent en clinique.

Il n'y a ni fluide spécial, ni rayons d'un nouveau genre : la baguette et le pendule divinatoires ne sont que des pneumographes.

Cette explication n'enlève, du reste, rien à l'utilité des sourciers ni à la réalité du phénomène.

Ces recherches ont été commencées, il y a 15 ans, au Laboratoire de Marey.

ZOOLOGIE. — *Relations entre la dépression et la formation de pseudoplanula tentaculaires chez le Scyphistome.* Note de M. **Edgard Hérouard**, présentée par M. Yves Delage.

On sait que le bourgeonnement normal chez le scyphistome se produit à l'aide de stolons situés au-dessus du disque pédieux, que ce phénomène a lieu principalement de juillet à octobre et qu'une nourriture abondante le favorise.

Des observations nouvelles m'ont montré que ces effets de la suralimentation ne se font sentir que pendant un temps déterminé, et qu'à cette

limite une fois atteinte, fait suite un phénomène nouveau consistant en la formation de pseudoplanula tentaculaires.

Si, en effet, on poursuit pendant la belle saison la suralimentation de scyphistomes de grande taille, vers la fin du mois d'août on constate que ceux-ci refusent toute nourriture, leur contractilité diminue, le corps devient flasque et l'on a toute l'apparence d'une mort prochaine. La suralimentation produit donc chez le scyphistome des effets analogues à ceux qui ont été signalés par Calkins chez les Protozoaires et par Hertwig et Frischholz chez l'Hydre et que ces auteurs ont désigné sous le nom de *dépression*.

Chez le scyphistome l'entrée en dépression est généralement suivie d'une chute des tentacules qui, observée superficiellement, pourrait être prise pour le commencement de la désagrégation de l'individu, mais qui en réalité correspond à un mode spécial de reproduction.

Un tentacule de scyphistome n'est pas simple comme on le décrit d'ordinaire, mais présente deux régions distinctes : une proximale, le *manche*, incomplètement rétractile, peu flexible et pourvue d'une musculature longitudinale, et une distale, le *fouet*, qui est érectile et rétractile à l'excès et qui ne présente de musculature d'aucune sorte. La musculature circulaire signalée par Friedmann dans cette région n'existe pas; ce qu'il indique comme fibres musculaires striées n'est autre chose qu'une algue filamenteuse qui vit souvent là en parasite. La rétractilité du fouet est telle que, quand le scyphistome est dans son état normal, ce fouet peut disparaître presque complètement, mais, quand le scyphistome est en état de dépression, il se ramasse à l'extrémité du manche en une masse sphérique qui donne au tentacule un aspect rhopaliforme, et cet état ne s'observe que quand l'animal est en dépression. Quand la dépression se produit, les échanges osmotiques entre les cellules du fouet et le milieu ambiant ne se font plus avec la même activité, par suite d'une diminution de la perméabilité des parois cellulaires, et le fouet ne se rétracte plus que lentement. C'est pendant cette rétraction, ou alors qu'elle est achevée, que se produit la libération des tentacules en vue de la formation des pseudoplanula tentaculaires qui nous intéressent. Cette libération tentaculaire peut se produire aux divers instants de la rétraction du fouet, et ces pseudoplanula libérées se présentent ainsi, soit sous forme cylindrique plus ou moins allongée, soit sous forme sphérique suivant qu'elles se sont détachées au cours de cette lente rétraction, ou alors qu'elle était achevée et que le tentacule était de ce fait devenu rhopaliforme.

Dans tous les cas, ces pseudoplanula libérées, qu'elles soient tubuleuse s

ou sphériques, se déplacent dans l'eau ambiante à l'aide de leur mouvement ciliaire et ressemblent à s'y méprendre à des planula. Ces pseudoplanula sont d'autant plus allongées que leur libération a été plus précoce, mais quelle que soit leur forme primitive elles finissent toujours, grâce à une rétraction graduelle après leur libération, par prendre une forme sphérique, et c'est alors seulement que leur mouvement ciliaire cessant, elles tombent sur le sol, où elles se fixent, pour se transformer en petits scyphistomes. Un exemple, pris sur une forme moyenne, fera mieux comprendre la suite des transformations et la durée du phénomène.

Une pseudoplanula qui, au moment de sa libération, présentait encore une forme cylindrique mesurant 25 divisions du micromètre en longueur et 5 divisions en diamètre, se déplace en tournant dans l'eau durant 25 heures. Pendant ce temps, sa longueur diminue graduellement et finit par aboutir à une forme sphérique qui ne mesure plus que 5 divisions du micromètre en diamètre; ce qui correspond au $\frac{1}{7}$ de son volume primitif. A ce moment, cette pseudoplanula, devenue sphérique, tombe sur le sol et devient de plus en plus immobile; 6 heures plus tard tout mouvement cessant elle se fixe au sol et ne mesure plus alors que 4 divisions du micromètre en diamètre; elle est donc réduite au $\frac{1}{14}$ de son volume primitif. Elle reste ainsi quelques jours sans présenter de changements apparents, mais bientôt des boutons tentaculaires apparaissent à sa surface, une bouche se perce et le petit scyphistome qui prend ainsi naissance est déjà pourvu de 8 tentacules 15 jours après sa fixation.

La grande diminution de volume de la pseudoplanula qui se produit après sa libération montre bien que l'absence de rétraction du tentacule chez le scyphistome en dépression n'est pas due à une augmentation du nombre de molécules dans la substance du fouet, mais comme je l'ai dit plus haut à une diminution de la perméabilité des parois cellulaires.

La dépression est un métabolisme qui peut n'être que momentané et qui se présente à divers degrés. Si la dépression est faible, l'animal peut reprendre sa vitalité avant que la chute tentaculaire se soit produite et se remettre à donner des stolons de bases prolifiques. Mais il est à remarquer que dans ce cas ces stolons donnent souvent des bourgeons anormaux, soit qu'ils se séparent du producteur avant la formation des tentacules et de la bouche, soit qu'ils donnent des monstres doubles. Quand la dépression est plus prononcée, les pseudoplanula tentaculaires se produisent et la stolonisation n'a plus lieu. L'individu ainsi débarrassé de ses tentacules n'est pas voué à une mort fatale, mais en général il disparaît par désagrégation de ses éléments. Quand il n'en est pas ainsi, on voit le manche des tentacules rebourgeonner au fouet et l'animal revenir à la condition primitive.

ZOOLOGIE. — *Sur* Lamarckina caligusa ♀ *ng. n. s. et l'évolution des* Lernæidæ. Note de M. **A. Quidor**, présentée par M. Yves Delage.

Lamarckina caligusa fut recueilli à Djibouti par H. Coutière. Aucune indication n'est donnée sur son hôte. Mais celui-ci est certainement un poisson du littoral. Le parasite vit probablement dans le voisinage des branchies.

Lamarckina caligusa appartient à la famille des *Lernæidæ* par son mode de fixation profonde dans les tissus de l'hôte, par les phénomènes de flexion et de torsion qu'il présente et par la forme générale du corps.

A la région céphalothoracique, bouclier circulaire de 1^{mm} de diamètre, succède un cou grêle, long de 4^{mm}; il vient ensuite une région génito-abdominale sacciforme, longue de 2^{mm}, dont la région basale porte quatre appendices lamelleux, longs de 3^{mm} et deux ovisacs cylindriques, pouvant atteindre 4^{mm} et placés entre les appendices précédents.

Deux de ces appendices sont latéraux, les deux autres sont dorsaux. Ces derniers s'unissent par leur région basale, sur la ligne médiane.

Mais *Lamarckina caligusa* n'a pas moins d'affinités pour les *Caligidæ*.

Sa région céphalique, bien qu'enfoncée entièrement dans les tissus du poisson, présente, avec un développement normal, tous les appendices qui caractérisent les Caliges et leur permettent de se déplacer rapidement sur la surface de leur hôte et même de mener temporairement une vie indépendante. Lunules frontales, antennes antérieures avec soies et griffes, antennes postérieures à deux articles; siphon abritant deux mandibules dentelées; maxilles, pattes-mâchoires antérieures grêles, terminées par deux longs doigts; pattes-mâchoires postérieures puissantes et acérées, fourche sternale bien développée, première paire de pattes nageuses à une seule rame, avec griffes et soies terminales; seconde paire biramée portant de longues soies pennées, régions basales des troisième et quatrième paires unies pour former une lamelle médiane unique portant de chaque côté deux articles sur lesquels sont insérées des soies courtes sur le bord interne, atrophiées sur le bord externe. Enfin, cinquième paire de pattes à deux articles, le dernier ayant la forme d'une main, est terminé par cinq griffes aiguës et recourbées.

Le segment génito-abdominal lui-même, bien que profondément modifié par le parasitisme, se termine par une furca très nette, placée au point d'union des deux appendices lamelleux dorsaux et formé de deux lamelles aplaties, distinctes, donnant chacune insertion à cinq soies d'inégale longueur, les soies extrêmes étant les plus courtes.

En résumé, *Lamarckina caligusa* possède tous les appendices des Caliges

en même temps qu'il présente des caractères lernéens très nets. Il établit donc nettement le passage des *Caligidæ* aux *Lernæidæ :* l'évolution régressive des premiers conduisant aux seconds.

De plus, si le parasitisme a modifié profondément la région génito-abdominale, il ne laisse soupçonner par contre qu'une légère régression des troisième et quatrième paires de pattes thoraciques. Il est donc permis de penser que *Lamarckina caligusa* s'est adapté à son existence actuelle, à une époque relativement récente.

ENTOMOLOGIE. — *Sur la parthénogenèse et le déterminisme de la ponte chez la Teigne des Pommes de terre* (Phthorimæa operculella *Zell.*). Note de M. **F. Picard**, présentée par M. Marchal.

Les femelles de *Phthorimæa*, mises en présence de tubercules de Pommes de terre, commencent à pondre de 24 à 48 heures après avoir été accouplées. La ponte comprend de 40 à 80 œufs, qui sont émis en un, deux ou trois jours, suivant les cas.

Lorsqu'il s'agit de femelles vierges, il peut ne se produire aucune ponte, et alors la vie de l'insecte est beaucoup plus longue, pour une température donnée, que celle des femelles fécondes; mais, le plus généralement, il y a évacuation d'un très petit nombre d'œufs, dont la grande majorité ne se développe pas, et qui n'atteint jamais 40, chiffre minimum chez les femelles s'étant accouplées. Neuf fois seulement, sur plus de cent expériences, j'ai constaté de la parthénogenèse. Les quelques larves qui ont éclos (10 dans le cas le plus favorable) ont crû beaucoup plus lentement que celles issues d'œufs fécondés et avec une irrégularité très remarquable de développement. En juillet et août, date de ces essais, le cycle normal ne dure qu'un mois; celui de cette génération parthénogénésique dura de un mois et demi à trois mois pour des individus provenant de la même mère. Les neuf femelles qui donnèrent une descendance produisirent en tout 23 femelles et 21 mâles.

Nous n'avions pas d'exemple de parthénogenèse accidentelle chez les Tinéides, mais ce mode de reproduction n'est pas très rare chez les Bombycides et l'on peut rapprocher ces observations de celles qui furent faites par Weijenberg [1] sur *Lymantria dispar;* cet auteur constata que 60 femelles

---

[1] Weijenberg (H.), *Quelques observations de parthénogenèse chez les Lépidoptères* (*Arch. néerl. Sc. ex. et nat.*, t. V, 1870).

vierges ne pondirent pas plus d'œufs qu'une seule femelle fécondée et ne donnèrent que 50 chenilles et 27 papillons.

On voit aussi que l'acte de l'accouplement a pour effet, chez *Phthorimæa operculella*, non seulement de féconder les œufs, mais encore de provoquer la ponte et d'augmenter le nombre d'œufs émis par la femelle. Ces faits sont entièrement comparables à ceux qui ont été mis en lumière par Guyénot [1] pour un Diptère, *Drosophila ampelophila* Löw, chez lequel la ponte est provoquée par l'accouplement, tandis que les femelles vierges n'émettent leurs œufs que sous forme de décharge, avec un retard sensible, irrégulièrement et en petit nombre.

D'autre part, le déterminisme de la ponte apparaît comme fort complexe et ne dépend pas exclusivement de l'espèce végétale offerte aux femelles. La Teigne pond, il est vrai, sur les divers organes d'un grand nombre de Solanées, mais on peut lui faire déposer ses œufs sur des plantes d'autres familles, telles que le *Verbascum sinuatum* et le *Cynoglossum pictum*. Parmi les facteurs qui interviennent, l'un des principaux est l'état des surfaces sur lesquelles l'insecte se trouve; les œufs sont toujours placés dans des parties rugueuses, fossettes entourant les bourgeons des tubercules, craquelures accidentelles de l'écorce, dépressions le long des nervures des feuilles, etc. En revanche, les parties lisses de certains fruits, Tomate, Aubergine, Piment, ne reçoivent jamais d'œufs. La Linaire vulgaire, plante voisine des Solanées mais à feuilles lisses, ne convient pas à la ponte, au contraire du Cynoglosse, botaniquement plus éloigné, mais à feuilles rugueuses et velues.

Le dépôt de l'œuf est déterminé par une association de sensations résultant du contact de l'extrémité de l'abdomen avec une surface rugueuse. Le phénomène est fréquemment produit par l'attouchement de la mousseline qui ferme les bocaux d'élevage, et cette mousseline reçoit parfois tous les œufs lorsque le végétal est complètement lisse.

L'instinct alimentaire est sous la dépendance du même facteur et la jeune chenille venant d'éclore ne perce que les tissus dont la surface est inégale et sous l'influence d'une sensation de pression ou d'appui sur les côtés du corps. Elle se laisse périr de faim à l'extérieur des Piments, des Tomates et souvent des Aubergines, fruits à peau lisse qui conviennent cependant très bien à l'alimentation, comme j'ai pu m'en assurer en introduisant des chenilles à leur intérieur par une ouverture. Les tubercules de Pommes de terre sont toujours attaqués dans les dépressions entourant les bourgeons.

---

(1) Guyénot, *Études biologiques sur une Mouche*, Drosophila ampelophila *Löw*. — VII. *Le déterminisme de la ponte* (*C. rend. Soc. Biol.*, 1er mars 1913).

Il n'y a cependant pas corrélation complète entre l'instinct de ponte de l'adulte et l'instinct alimentaire de la larve; la flore de l'un n'est pas exactement superposable à celle de l'autre. Les *Verbascum* et *Cynoglossum* reçoivent la ponte, mais rebutent la chenille, tandis que j'ai pu nourrir celle-ci, quoique difficilement, avec des Pommes, sur lesquelles la femelle ne pond jamais.

Les manifestations psychiques du Papillon et de la chenille ne sont du reste pas nécessairement en rapport avec une utilité quelconque pour l'individu ou sa descendance. C'est ainsi que les œufs sont pondus sur les Pommes de terre cuites et que cette nourriture est avidement acceptée par les larves qui meurent toutes au bout de quelques jours.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le soufre et ses variations dans le traitement biologique des eaux d'égout.* Note de M. **Lucien Cavel**, transmise par M. A. Haller.

Il peut être intéressant de considérer, au point de vue des résultats de l'épuration, les différents états du soufre, et surtout ses variations dans le traitement biologique des eaux d'égout.

Je ne parlerai pas du soufre des sulfates, mais du soufre qu'on peut rencontrer, soit libre, soit combiné à la matière organique, et qu'on peut étudier avec commodité en l'entraînant par précipitation physique au moyen d'un corps convenablement choisi.

Comme il est juste de penser que le soufre qui entre dans la composition des albuminoïdes doit être libéré au fur et à mesure que ces matières sont désintégrées sous l'influence des actions microbiennes, aux divers stades de l'épuration biologique; et que la proportion de soufre ainsi éliminée est d'autant plus notable que le travail microbien est plus considérable; il s'ensuit que la disparition du soufre combiné marquera une disparition correspondante des albuminoïdes. Ceci permettra donc d'apprécier dans une certaine mesure le degré d'épuration obtenu, pour ce qui concerne du moins ce groupe de matières organiques; et l'on sait que les eaux d'égout renfermant des matières organiques d'origine animale, contiennent des protéines en quantité notable.

C'est en partant de cette idée que j'ai été conduit à suivre les variations de ce métalloïde dans l'épuration biologique des eaux, dans ses divers passages à travers les appareils en usage; en tenant compte du temps de séjour

du liquide dans chacun d'eux, afin que les résultats se rapportent au même filet d'eau analysé à différentes périodes.

L'eau d'égout est toujours trouble, et la turbidité n'est pas uniquement attribuable aux argiles, aux sables, aux vases, mais aussi aux matières organiques insolubles qui s'y trouvent en suspension. Un repos de quelques heures permet la sédimentation des matières les plus denses, mais ne clarifie nullement le liquide, qui reste toujours d'une opalescence plus ou moins considérable, qui persiste pendant des jours, et même après des filtrations successives.

Pour étudier commodément le soufre libre ou combiné, j'opère sur 1^{l} d'eau que je décante après un repos de 3 heures, afin d'éliminer les matières les plus denses, et je forme, au sein du liquide, un précipité d'hydrocarbonate de zinc, au moyen du chlorure de zinc et du carbonate de sodium en solutions convenablement choisies, qui entraîne avec lui toutes les matières en suspension.

Je le recueille sur un filtre, le sèche, en prenant pour ces manipulations les précautions d'usage; après quoi, je le triture et le mets à digérer dans du sulfure de carbone pur. Au bout de quelques instants on filtre, et le sulfure de carbone, évaporé dans une capsule, loin de toute flamme vive, laisse un dépôt de soufre. En en prélevant une petite quantité au bout d'un fil de platine, qu'on porte sous l'objectif d'un microscope Sliasnie par exemple (obj. 4, occ. 3), et en substituant à l'éclairage Abbé un condensateur plein pour avoir un fond noir, on obtient une belle préparation faisant apparaître la couleur et la forme des cristaux. En procédant ainsi sur une eau aérée, provenant de la pluie s'échappant des pulvérisateurs qui se trouvent sur les lits bactériens de Créteil-Mesly (¹), j'ai obtenu jusqu'à 9^{mg} de soufre libre par litre.

Revenant maintenant au précipité dépouillé du soufre libre, puis lavé au benzène, je l'introduis dans un matras avec un peu d'eau distillée et de l'acide chlorhydrique qui détruit les sulfures. On les dose en recueillant l'acide sulfhydrique dans une solution ammoniacale d'azotate d'argent, en en balayant les dernières traces par un courant d'acide carbonique. Du poids de sulfure d'argent, on déduit le soufre des sulfures.

Enfin, en traitant le contenu du matras précédent par une lessive de soude pendant 6 heures au bain-marie à 80° C., on transforme le soufre restant, c'est-à-dire le soufre combiné, en sulfure de sodium, qu'un courant de chlore fait passer à l'état de sulfate, qu'on dose par le chlorure de baryum (²), après avoir étendu d'eau distillée, saturé, chassé le chlore en excès par l'ébullition et acidulé par l'acide chlorhydrique.

Dans ces conditions, je trouve :

(¹) Usine départementale traitant les eaux provenant d'Ivry et de Vitry.

(²) On s'assure avant ces essais, par une opération à blanc, que les réactifs employés ne renferment pas de sulfates.

Soufre combiné avant passage en fosses septiques, en SO^4Ba.	104^{mg}	par litre
» après passage »	97,2	»
» après passage sur lits bactériens..........	22,4	»

soit, respectivement en soufre,

14^{mg},25
13,32
3,07

et j'ai trouvé pour les lits bactériens, jusqu'à 62^{mg} de soufre exprimé en SO^4Ba, dans des conditions particulières il est vrai (puisqu'on venait de remettre en marche, après un assez long repos des lits bactériens, et sur une eau opalescente), mais qui montrent que les fluctuations du soufre sont sensibles et peuvent être utiles dans l'interprétation des qualités d'un effluent épuré.

Je pense donc que l'étude des variations du soufre, appliqué de cette façon au contrôle chimique des installations d'épuration d'eaux d'égout, donnera sur leur état de fonctionnement une indication précieuse, car, pour réaliser une bonne épuration, il faut nécessairement que la teneur en soufre combiné, de l'effluent général, tende vers zéro.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Fermentation alcoolique de l'acide lactique.* Note de M. **Mazé**, présentée par M. Roux.

J'ai énoncé le premier que la fermentation alcoolique des sucres est la résultante d'une série de dégradations progressives dont l'acide lactique est une des étapes essentielles ([1]).

Cette conception a subi depuis cette époque de nombreuses fluctuations, et l'on considère aujourd'hui que c'est plutôt l'acide pyruvique qui occupe la place que j'avais attribuée à l'acide lactique.

Les trioses seraient également des produits intermédiaires de la fermentation alcoolique des hexoses; mais jusqu'ici on n'a pas démontré, par l'expérience, que les trioses constituent un échelon dans la dégradation des hexoses.

Le dédoublement de l'acide lactique en alcool et gaz carbonique est une transformation qui dégage peu de chaleur, 3°,8 C., d'après Berthelot (*Chaleur animale*, Gauthier-Villars, Paris); le suc de levure ou la levure privée d'air peuvent peut-être l'amorcer, mais non le continuer. Pour l'observer, il est donc nécessaire de recourir

([1]) *Annales de l'Institut Pasteur*, t. XVI, mai et juin, 1902.

à des microbes capables de produire une transformation simultanée telle que la combustion partielle ou totale de l'acide lactique.

Ces microbes sont très nombreux; mais ils présentent l'inconvénient d'oxyder en même temps tout l'alcool dérivé de l'acide lactique. Malgré cela, j'ai réussi à en découvrir un qui forme régulièrement de petites quantités d'alcool, et qui présente en outre l'avantage appréciable de se développer dans les milieux minéraux.

Ce microbe est un bacille mobile; il se développe en voile à la surface des milieux minéraux additionnés d'acide lactique ou d'alcool. Il fait fermenter les sucres et les alcools polyatomiques et se rapproche par ses propriétés physiologiques du *B. ithacetosuccinicus* de P. Frankland (¹).

Par la diversité de ses actions fermentatives, il m'a permis de suivre la formation des produits intermédiaires de la fermentation alcoolique; j'exposerai dans cette Note les résultats relatifs à la fermentation de l'acide lactique qui reste, à mon avis, la plus importante de toutes les phases de la transformation.

Le liquide que j'ai employé a la composition suivante :

Phosphate de potassium neutre à la phénolphtaléine	2,5
Sulfate de magnésium	1,0
Sulfate ferreux	0,1
Sulfate de zinc	0,02
Silicate de potassium..............................	0,02
Chlorure de manganèse..............................	0,02
Eau distillée	1000

L'azote est donné à l'état de lactate d'ammonium lorsque l'aliment carboné est l'acide lactique; en toute autre occurrence, c'est le chlorure d'ammonium qui convient le mieux. Les cultures ont porté sur 500^{cm^3} ou 1^l de solution, disposée en couche de 3^{cm} à 4^{cm} d'épaisseur.

Une première série de cultures faites en vue de la recherche de l'alcool a donné par litre les résultats suivants :

Durée (en jours)...........................	11	13	18	18
Lactate de calcium fourni par litre (en grammes).	10	5	10	5
Alcool trouvé par litre (en milligrammes).....	47,55	15,8	48,32	16

Il s'agit de montrer que l'alcool est oxydé dès qu'il se forme, et que l'acide acétique constitue le premier terme libre de cette oxydation, car l'aldéhyde ne se montre que dans les milieux riches en alcool. Les résultats

(¹) P. Frankland et Frew, *Journ. of chem. Society*, 1892, p. 254.

d'une deuxième série de cultures vont me permettre de mettre ce fait en évidence.

Numéros des cultures.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Lactate de calcium par litre (en grammes).	10	10	10	10	10	15	15	20
Durée des cultures (en jours)...........	8	12	16	26	26	20	24	32
Acide acétique par litre en (grammes)...	0,931	1,298	2,161	1,538	0,972	1,68	1,695	2,246
Acide formique par litre (en grammes)....	0,194	0,276	0,445	0,355	0,391	0,351	0,338	0,473
Alcool par litre (en milligrammes)......	16,8	23,8	26,2	33,8	13,9	32,0	37,4	41,3
Acide lactique détruit (en grammes).....	3,843	»	6,287	6,704	7,453	7,2662	9,35	»

L'acide lactique subit en grande partie la combustion totale; la fermentation se fait donc en milieu légèrement alcalin. Dans les milieux de faible épaisseur tout l'acide lactique disparaît, puis l'acide acétique; l'acide formique est le plus résistant, cela se passe dans les milieux sur lesquels on laisse le voile intact; dans la série précédente, le n° 5 seul a bénéficié de cette condition; tous les autres ont été agités tous les jours, afin d'atténuer la combustion.

L'examen de ces chiffres permet de conclure à l'évolution parallèle de deux processus de fermentation, intéressant directement l'acide lactique :

$$C^3H^6O^3 + O = C^2H^4O^2 + HCO^2H; \qquad (1)$$

$$C^3H^6O^3 = C^2H^5OH^4 + CO^2. \qquad (2)$$

L'alcool est oxydé et transformé en acide acétique. Si l'équation (1) était en jeu, l'acide acétique et l'acide formique seraient dans le rappor t $\frac{60}{46}$; il est voisin de 5; donc la plus grande partie de l'acide acétique provient de l'alcool.

La valeur du quotient respiratoire confirme cette déduction; il est égal à 0,83-0,86, dans les cultures de 48 heures: si on laisse la culture se poursuivre à l'abri de l'air, il augmente peu à peu et atteint 1,04 et 1,06; on trouve alors des traces d'hydrogène libre.

Une culture faite sur 200^{cm^3} de liquide à 1 pour 100 de lactate de calcium a donné les résultats suivants au bout de six jours, dans une atmosphère confinée de 3^l environ :

	cm³		mg
Oxygène initial...............	554	Acide acétique produit......	146,9
Oxygène absorbé...............	361,93	Acide formique............	44,6
CO^2 total formé..............	330,86	Acide lactique disparu......	930,6
$\frac{CO^2}{O^2} = \frac{330,86}{361,93} = 0,91$		Alcool formé...............	2,8

Ces chiffres permettent de vérifier point par point les déductions précédentes et de constater l'existence d'un autre corps plus oxydé, en très petite quantité.

On peut réaliser des cultures tout aussi actives et aussi abondantes en remplaçant l'acide lactique par l'alcool comme aliment carboné. On ne trouve alors que de faibles quantités d'acide acétique et pas d'acide formique, ce qui vérifie l'origine de l'acide formique [équation (1)].

L'oxydation de l'acide lactique suivant l'équation (1) rend la formation de l'acide pyruvique vraisemblable, mais je n'en ai pas découvert. J'ai pensé que le *Mycoderma aceti* se prêterait mieux à une oxydation moins brutale de l'acide lactique ; mais le corps prédominant de la fermentation de l'acide lactique par le *Mycôderma aceti* est l'acétylméthylcarbinol. J'en ai confié l'étude à M. Lemoigne, qui s'est attaché précisément à élucider le mécanisme de cette fermentation.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Synthèse de galactosides d'alcools à l'aide de l'émulsine* [1] : *Méthylgalactoside* β *et Allylgalactoside* β. Note de MM. **Em. Bourquelot** et **M. Bridel**, présentée par M. Jungfleisch.

De ces deux galactosides le premier seul était connu. M. Em. Fischer l'a préparé, en 1895, en faisant agir l'acide chlorhydrique sur le galactose en solution dans l'alcool méthylique. On obtient ainsi un mélange des galactosides α et β qu'on sépare à l'aide de dissolvants appropriés.

L'émulsine des amandes ne donne que le galactoside qu'elle hydrolyse en solution aqueuse, c'est-à-dire le galactoside β. Toute la difficulté de l'opération réside dans l'élimination du galactose resté libre. Cette élimination se fait d'ailleurs par un procédé très simple, mais auquel nous n'avons songé qu'après de longs tâtonnements.

Méthylgalactoside β :

Préparation. — A 950$^{cm^3}$ d'une solution de galactose à 1 pour 100 dans de l'alcool méthylique à 85 pour 100 en poids, on a ajouté 2^g d'émulsine. Le mélange, abandonné à la température du laboratoire (+17° à +20°), était agité plusieurs fois par jour.

---

(1) Rappelons que, dans ces synthèses, le ferment actif n'est pas l'émulsine proprement dite, mais un autre ferment, la lactase, présent dans l'émulsine des amandes. Voir : Em. Bourquelot et H. Hérissey, *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 1552.

La rotation initiale était de $+1°20'$ [1]. Elle a baissé peu à peu jusqu'au vingtième jour. Elle était alors de $+1°4'$, et elle est restée telle, même après addition d'une nouvelle quantité d'émulsine, ce qui indique que la réaction avait atteint la limite qu'elle pouvait atteindre dans les conditions de l'expérience. Le méthylgalactoside β étant, comme l'a établi Fischer, inactif sur la lumière polarisée, il est facile de calculer la quantité de galactose qui a dû passer à l'état de méthylgalactoside; on trouve que cette quantité est de 20 pour 100 environ du galactose mis en œuvre, ce qui correspond à la formation de 2g environ de méthylgalactoside.

On a filtré le mélange, distillé le filtrat à sec sous pression réduite et obtenu un résidu composé de galactoside et de galactose. Ces deux composés étant insolubles dans l'éther acétique, et solubles dans les mêmes proportions dans d'autres dissolvants neutres, les essais de séparation à l'aide de dissolvants n'ont pas réussi. C'est alors que nous avons pensé à utiliser une propriété que possède la levure basse, et qui a été découverte par l'un de nous [2], de faire fermenter le galactose lorsque celui-ci est accompagné de glucose. On a donc dissous le résidu dans 200^{cm^3} d'eau distillée, on a ajouté 2g de glucose et 4g de levure basse essorée; après quoi, on a abandonné le mélange à la température du laboratoire. La fermentation s'est faite régulièrement et a duré 8 jours. Il ne restait alors que le méthylgalactoside, lequel n'est pas attaqué par la levure. La rotation de la solution aqueuse avait passé de $+6°30'$ à $0° (l = 2)$.

On a filtré, porté à l'ébullition en présence de quelques décigrammes de carbonate de calcium, filtré de nouveau et évaporé le filtrat à sec sous pression réduite. Enfin le résidu a été repris par 50^{cm^3} d'alcool absolu bouillant. Par refroidissement, le glucoside a cristallisé. On en a obtenu $1^g,25$ qu'on a purifié par une nouvelle cristallisation dans l'alcool absolu.

Propriétés du méthylgalactoside β. — Ce galactoside cristallise en fines aiguilles incolores; il fond nettement au bloc à $+178°$; il a une saveur très légèrement sucrée; il est soluble dans l'eau et l'alcool, insoluble dans l'éther acétique.

Il est sans action sur le plan de la lumière polarisée. L'essai a été fait avec une solution aqueuse à 4,0533 pour 100; on a trouvé : $\alpha = \pm 0$. Il ne réduit pas la liqueur cuivrique. C'était donc bien le méthylgalactoside décrit par Em. Fischer.

En solution aqueuse, il est assez lentement hydrolysé par l'émulsine des amandes. A 20^{cm^3} d'une solution à $0^g,8106$ pour 100, on a ajouté $0^g,05$ d'émulsine. En 2 jours, la rotation $(l = 2)$, nulle au début, est devenue $+46'$,

---

(1) Le pouvoir rotatoire du galactose, qui est de $+80°$ environ dans l'eau, est plus faible dans l'alcool méthylique. Ainsi, dans l'alcool méthylique à 85c, on a trouvé $\alpha_D = +65°,95$.

(2) Em. Bourquelot, *Sur la fermentation alcoolique du galactose* (*Journ. de Pharm. et de Chim.*, 5e série, t. XVIII, 1888, p. 337).

et le liquide renfermait $0^g,511$ de sucre réducteur calculé en galactose. Si l'hydrolyse avait été totale, on aurait trouvé une rotation de $+1^\circ 12'$ et $0^g,7521$ de galactose.

Allylgalactoside β :

Préparation. — A 300^{cm^3} d'une solution de galactose à 1 pour 100 dans de l'alcool allylique à 85 pour 100 en poids, on a ajouté 2^g d'émulsine, puis on a abandonné le mélange à la température de laboratoire ($+17^\circ$ à $+21^\circ$). La rotation initiale ($l = 2$) était de $+1^\circ 28'$; elle a baissé lentement, comme l'indiquent les chiffres ci-dessous jusqu'au 70e jour :

Durée.	Rotation ($l = 2$).
	° ′
10 jours	+1 10
23 »	+ 52
40 »	+ 40
53 »	+ 26
70 »	+ 18

La réaction s'est donc poursuivie pendant plus de 2 mois.

Après avoir éliminé l'alcool par distillation, on s'est débarrassé du galactose en excès en opérant comme pour le méthylgalactoside, puis on a filtré et distillé à sec sous pression réduite. Le résidu, épuisé par 30^{cm^3} d'acétone anhydre bouillant, a donné une solution qui, additionnée d'éther ordinaire après refroidissement, a laissé déposer le galactoside cristallisé. Après dessiccation, il pesait $1^g,25$.

Propriétés de l'allylgalactoside β. — Ce glucoside se présente sous forme de fines aiguilles incolores réunies en houppes. Sa saveur est fade, légèrement amère. Son pouvoir rotatoire, en solution aqueuse, pour une concentration de 2,7426 pour 100, a été trouvé égal à $-12^\circ,5$.

Il ne réduit pas la liqueur cupro-potassique. En solution aqueuse, il est lentement hydrolysé par l'émulsine des amandes; en même temps se dégage l'odeur caractéristique de l'alcool allylique.

A 15^{cm^3} de la solution ci-dessus, on a ajouté $0^g,10$ d'émulsine. En 48 heures la rotation a passé de $-40'$ à $+2^\circ 56'$, et il s'est formé $1^g,908$ de galactose pour 100^{cm^3}.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Étude sur les injections de sels de radium.* Note de M. **Henri Dominici**, Mme **Simone Laborde** et M. **Albert Laborde**, présentée par M. Ch. Moureu.

Des travaux antérieurs (¹) ont démontré que les sels de radium insolubles injectés persistent dans l'organisme des animaux.

Dans ce travail, nous avons voulu comparer la façon dont se répartissent respectivement dans l'organisme les sels solubles et insolubles lorsqu'ils sont injectés dans le tissu musculaire ou dans le système veineux.

Vingt et un lapins ont été injectés avec un sel de radium soluble ou insoluble (²) équivalant à $0^{mg},02$, $0^{mg},04$, $0^{mg},06$ de bromure de radium cristallisé $RaBr^2, 2H^2O$.

Les animaux ont été tués après un temps variant de 5 à 165 jours. Les organes ont été incinérés dans des capsules inactives. Nous avons pesé les cendres et mesuré leur radioactivité par la méthode du quartz piézo-électrique de Curie, l'oxyde noir d'uranium U^2O^5 étant pris comme unité de radioactivité.

Sels insolubles. — Nos expériences confirment et précisent ce qui a été trouvé antérieurement par les différents auteurs : le sulfate de radium injecté dans l'organisme y séjourne un temps prolongé.

Injecté dans le système veineux, il se répartit entre les différents viscères comme au hasard de la distribution vasculaire. Au bout de 25 jours, il subsiste encore 50 pour 100 de la dose injectée (n° 4), au bout de 90 jours il peut n'en rester que 10 à 5 pour 100 environ (n° 5).

Injecté dans les muscles, le sulfate de radium persiste en grande quantité au point d'injection, au détriment du corps (³) et des organes qui sont de ce fait moins actifs que si l'injection avait été faite dans la veine. Il s'élimine très lentement, et au bout de 131 jours (n° 9) il peut encore rester 50 pour 100 de la quantité injectée.

(¹) Dominici et Faure-Beaulieu, *Comptes rendus*, mai 1908. — Dominici, *Presse médicale*, n° 22, 16 mars 1912. — Dominici, Petit, Jaboin, *Comptes rendus*, mars 1910.

(²) Nous avons insolubilisé le radium au moment même de l'injection, en mélangeant dans la seringue la solution du bromure de radium et une solution de sulfate de soude à 10^g par litre.

(³) Nous désignons par *corps* l'ensemble de l'animal, tous les viscères étant enlevés.

Sels solubles. — Le fait essentiel qui se dégage de nos expériences est l'arrêt également prolongé du bromure de radium dans le corps des animaux. Ce sel paraît, toutefois, s'éliminer un peu plus vite que le sulfate. Au bout de 137 jours (n° 22) il peut rester 25 pour 100 de la quantité employée.

Tableau des radioactivités.

		Sels insolubles. Intraveineux.					*Sels solubles.* Intraveineux.					
	Numéros des lapins	1.	2.	3.	4.	5.	11.	12.	13.	14.	15.	1
Sel de radium.	Durée du séjour, en jours	5	6	6	25	90	6	6	6	17	27	
	Quantité injectée, en milligrammes	0,02	0,02	0,04	0,06	0,04	0,06	0,02	0,04	0,02	0,06	0,
	Quantité retrouvée (1), en milligrammes	0,01	0,009	0,012	0,036	0,002	0,03	0,0076	0,012	0,0085	0,025	0,
Radioactivité des organes (oxyde d'uranium = 1).	Corps	0,42	0,24	0,35	1,56	0,04	1,2	0,20	0,45	0,24	1,7	»
	Foie	5,8	»		13,6	0,18	0,11	0,04		0	»	0
	Poumon	0,64	1,72		9,28	0,11	0	0,61		0	0	0
	Rein	0,21	»		2,6	0,72	0,31	0			0	0
	Rate	»	35	1,97	11,7	»	0	0	0,04	0	0	0
	Estomac, intestin	0,34	»		»	»	0,30	»		0,06	»	»
	Cerveau	0,07	»		»	»	0	»		0	»	»
	Moelle des os	1,4	»	»	»	»	1,2	2,6	»	2,2	»	»
	Tissu osseux	0,39	»	»	»	»	1,6	0,55	»	0,52	»	»
	Muscles	0	»	»	»	»	0	»	»	0	»	»
	Peau	»	»	0	»	»	»	»	0	»	»	»

		Intramusculaire.					Intramusculaire.					
	Numéros des lapins	6.	7.	8.	9.	10.	17.	18.	19.	20.	21.	
Sel de radium.	Durée du séjour, en jours	6	6	90	131	165	5	5	6		90	
	Quantité injectée, en milligrammes	0,02	0,02	0,04	0,06	0,02	0,01	0,02	0,02	»	0,02	0,
	Quantité retrouvée (1), en milligrammes	0,01	0,011	0,009	0,035	0,004	0,01	0,0064	0,01	»	0,0026	0,
Radioactivité des organes (oxyde d'uranium = 1).	Corps	0,06	0,05	0,22	0,40	0,06	0,40	0,41	0,33	»	0,10	0,
	Patte	1,99	2,57	2,79	9	1,09	0,24	0,17	0,51	»	0,15	0,
	Foie	0	0,01	0,001	3,4	0,07	0	0	0	»	0	0,
	Poumon	0	0	0	0,26	0	0	0	0	»	0	0,
	Rein	0,11	0,06	0	0,16	0,007	0,05	0,16	0,55	»	0	0,
	Rate	0	0	0,71	3,3	0,001	0	0	0	»	0	0
	Estomac, intestin	»	0	»	0,05	0,007	0,12	0,17	0,03	»	»	0,
	Cerveau	»	3	»	»	»	»	»	0,007	»	»	0
	Moelle des os	»	»	»	»	»	0,01	0	»	»	»	
	Tissu osseux	0,12	0,02	0,26	»	»	0,32	0,37	0,60	»	»	0,

(1) La quantité de radium retrouvée dans les cendres n'a pas été, dans tous les cas, directement dosée : nous l'avons calculée d'après *le produit de radioactivité* (Mme Curie, *Traité de Radioactivité*, t. I, p. 146), dont nous avons une fois pour toutes déterminé l'équivalent en bromure de radium. (Produit de radioactivité = poids de cendres × radioactivité des cendres.)

Injecté dans le système veineux ou dans les muscles, le bromure de radium diffuse de la même manière dans l'organisme. Parmi les viscères, seuls les reins et le tube digestif le fixent en partie (¹), ce qui semble indiquer que le produit s'élimine par ces organes.

Le squelette retient en quantité appréciable le radium injecté à l'état de bromure (nos 11, 12, 14, 17, 18, 19, 22). Ce fait suggère un rapprochement entre l'affinité du tissu osseux pour ce métal et celle qu'il possède à l'égard du calcium et du strontium, métaux alcalino-terreux.

GÉOLOGIE. — *Sur la succession des étages carbonifères et permiens en Indo-Chine.* Note (²) de M. **Jacques Deprat**, présentée par M. H. Douvillé.

J'ai décrit précédemment (³) la succession des niveaux de Fusulinidés dans les dépôts carbonifériens et permiens de la Chine méridionale. De nombreux matériaux nouveaux me permettent de comparer cette série avec celle de l'Indo-Chine où j'ai retrouvé la plupart des horizons que j'avais signalés au Yun-nan, avec les mêmes espèces, et en plus, d'autres que je n'avais pas observées en Chine, ainsi que les deux genres nouveaux, *Palæofusulina* et *Neofusulinella* (⁴); c'est ce que résume le Tableau suivant (⁵):

Permien supérieur.

Yun-nan.	Indo-Chine.
Grès, schistes, marnes gypsosalifères (Yunnan, Sseu-tchoan).	Schistes et grauwackes du Laos.
Poudingues du Tié-tchen-ho.	
Calcaires à *Neosch. multiseptata* Deprat.	Calcaire siliceux à *N. multiseptata* Deprat (Cambodge).

(¹) Ce fait est en bon accord avec un travail récent de MM. Smith et Wilson (*Guys Hospital Reports*, t. LXV, p. 131).

(²) Présentée dans la séance du 31 mars 1913.

(³) J. Deprat, *Étude géologique du Yun-nan* (*Géologie générale*, t. I des *Mémoires du Service géologique de l'Indo-Chine*, fasc. 1) et *Étude des Fusulinidés de Chine et d'Indo-Chine* (*Ibid.*, fasc. 3).

(⁴) J. Deprat, *Sur deux genres nouveaux de Fusulinidés de l'Asie orientale intéressants au point de vue phylogénique* (*Comptes rendus*, t. 154, 3 juin 1912, p. 1548).

(⁵) Les espèces nouvelles seront décrites et figurées dans un Mémoire actuellement à l'impression.

Permien supérieur (suite).

Yun-nan.	Indo-Chine.
Manque.	Calcaires à *Fusulina* sp., *Neosch. Annæ* Volz, *N. globosa* Yabe, *Dol. lepida* Schw., *pseudolepida* Dep., *Schw. Douvillei* Dep. (Pong-oua, Laos).
Calcaire à *F. exilis* Schwag., *F. Margheritii* Dep., *F. granum-avenæ* Roem., *N.* (*Sum.*) *Annæ* Voltz, *N. globosa* Yabe, *Dol. lepida* Schw. *pseudolepida* Dep., *Schw. Douvillei* Dep.	Calcaire à *F. exilis* Schw., *F. Margheritti* Dep., *F. granum-avenæ* Roem., *N.* (*Sum.*) *Annæ* Volz, *N. globosa* Yabe, *Dol. lepida* Schw., *pseudolepida* Dep., *Schw. Douvillei* Dep. (Pong-oua, Cammon, Luang-Prabang, Cambodge) et à *Productus gratiosus* (Cammon).
Manque.	Calcaire à *Fusulina* sp. du Cammon.

Permien moyen et inférieur.

Manque.	Calcaire à *Schw. Verbeeki* Gein, *Dol. lepida* Schw. (Lang-nac, Tonkin).
Calcaire à *S. Verbeeki* Gein., *Dol. lepida* Schw., *F. Mansuyi* Dep., *F. Richthofeni* Schw., *F. Lantenoisi* Dep.	Calcaire à *Schw. Verbeeki* Gein., *Dol. lepida* Schw., *F. Mansuyi* Dep., *F. Richthofeni* Schw., *F. Lantenoisi* Dep. (Cammon).
Manque.	Calcaire à *Fusulina* sp., *Doliolina* sp., *S. Verbeeki* Gein.
Calcaire à *F. Richthofeni* Schw.	Calcaire à *F. Richthofeni* Schw., *Doliolina* sp., *Neofusulinella* sp.
Puissant horizon calcaire à *Productus*.	Puissant horizon calcaire à *Productus*.

Ouralien.

Calcaires à *Neoschw. craticulifera* Schw., *grandis* Dep., *N. multicircumvoluta* Dep., *S. Verbeeki* Gein.	Calcaires à *N. craticulifera* Schw., *grandis* Dep., *S. Verbeeki* Gein. (rare).
Calcaire à *N. craticulifera* Schw. (forme type) et var. *tenuis* Dep.	Calcaire à *N. craticulifera* Schw. (forme type) et var. *tenuis* Dep.

Ouralien (suite).

YUN-NAN.	INDO-CHINE.
Horizon à *Schw. princeps* Ehrb., *S. fusulinoides* Schellw., *Fus. alpina* Schellw.	Puissant horizon à Brachiopodes, Mollusques, et *Schw. princeps* Ehrb. (Cammon et Tonkin). Horizon calcaire à *F. alpina* Schellw., *S. princeps* Ehrb. (Tonkin, Laos, Annam). Horizon calcaire à *Fusulina* sp. (Laos, Annam).
Calcaire à *Fus. incisa* Schellw.	Calcaire à *F. incisa* Schellw.
Calcaire à *Dol. Aliciæ* Dep., *F. globosa* Dep., *F. complicata* Schellw., *F. multiseptata* Schellw., *F. tenuissima* Schellw.	Calcaire à *F. globosa* Dep., *F. complicata* Schellw., *F. multiseptata* Schellw., *F. tenuissima* Schellw., *Sch. princeps* Ehrb. (rare). Horizon à *F. multiseptata* Schellw.
Calcaire à *Dol. Claudiæ* Dep.	Calcaire à *Dol. Claudiæ* Dep. (Cammon).
Calcaire à *F. Kattaensis* Schw.	Manque.
Calcaire à *F. tchengkiangensis* Dep. et *F. regularis* Schellw. Calcaire à *F. brevicula* Schw., *F. regularis* Schellw., *F. Dussaulti* Dep.	Paraît manquer.

Moscovien.

Calcaires à Gastropodes de Lo-a-tien et Chouéi-tang. Couches de charbon.	Calcaires à *Neofusulinella* sp. du Cammon.
Calcaire à *Sp. mosquensis* Fisch., *F. regularis* Schellw., *Schw. prisca* Dep. Étage des grès avec intercalations calcaires à *Schw. prisca* Dep., *Endothyra*, Fusulinelles, etc.	Calcaires du Cammon à *Neofusulinella* sp., et à Fusulinelles.

Dinantien.

Série des schistes de Hoa-keuou, Hoang-i-tseu, Tien-sen-kouang et calcaires de Tou-mou-nyi à *Martinia glabra*.	Calcaires viséens de la Montagne de l'Éléphant et calcaires de Lang-nac à *Palæofusulina* sp. Schistes à *Phillipsia* de Baiduc (Annam) et du Laos.

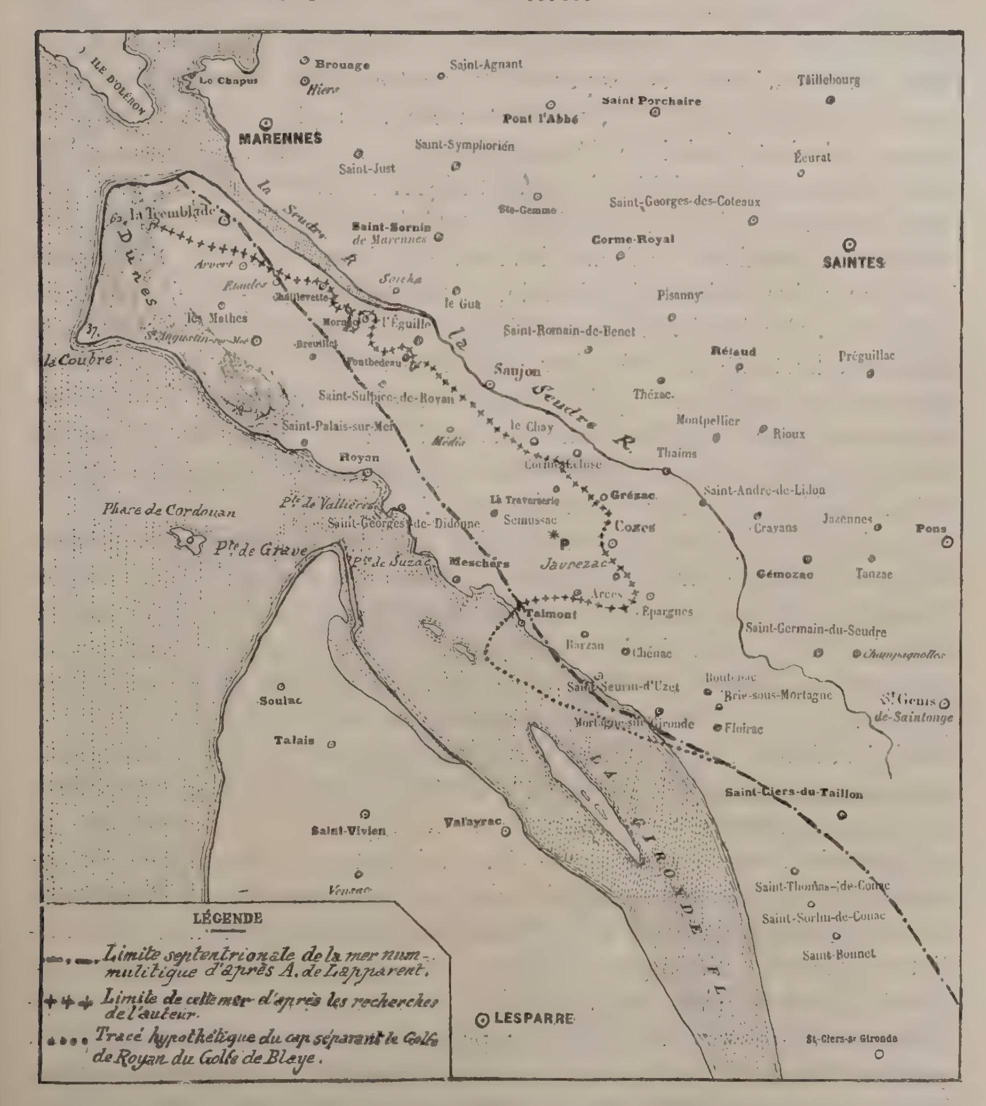
Mon ami et collaborateur, M. Mansuy, se charge de la description de la faune ouralienne des couches à *Schw. princeps* Ehrb., dont les éléments ont été réunis par le commandant Dussault au Cammon et par moi au Tonkin (Muongthé). J'ai recueilli dans cette localité une faune rappelant de très près celle de l'Oural et beaucoup moins les faunes ouraliennes du Salt-Range et de l'Himalaya. Il en est de même pour les Fusulinidés, comme en témoignent les couches à *Fusulina multiseptata* Schellw. des Alpes carniques. Le seul horizon à Fusulinidés de l'Inde, celui à *F. Kattaensis* Schw., est bien représenté au Yun-nan, mais cette équivalence avec les couches d'Amb et de Katta est la seule importante, et tous les rapports sont avec l'Asie occidentale et la faune ouralienne russe. Il semble que de la Russie à l'Indo-Chine, par la Tethys septentrionale, il y ait continuité entre les faunes. C'est dans la Chine méridionale et l'Indo-Chine que la faune rhizopodique atteint probablement son plus beau développement mondial, puisque je n'y connais pas moins de 54 espèces de Fusulinidés à l'heure actuelle.

GÉOLOGIE. — *Recherches relatives à l'extension de la mer nummulitique sur la rive droite de la Gironde.* Note de M. **Edmond Bordage**, présentée par H. Douvillé.

Lorsqu'on examine la feuille de Saintes au $\frac{1}{80000}$, récemment publiée par le Service de la Carte géologique de France, on constate que, sur la rive droite de la Gironde, le Nummulitique n'est représenté qu'en trois points. Deux de ces points sont situés près de Saint-Palais-sur-Mer (le Bureau et Terre-Nègre), le troisième près de Meschers (la Conche-des-Nonnes). Au point où, entre Talmont-sur-Gironde et Meschers, la ligne des falaises crétacées [1] présente une solution de continuité qui correspond à l'anse de Meschers, il n'existe pas la moindre trace d'un prétendu lambeau éocène figuré tout d'abord par W. Manès sur la carte qui accompagne sa

(1) Aux personnes peu familiarisées avec l'étude de la Géologie, il sera désormais possible de consulter la feuille de Saintes, ce qui évitera des confusions relativement à l'étage auquel appartiennent ces falaises « classiques » de la rive saintongeaise de l'estuaire girondin. Il y a quelques années, M. Guérin-Ganivet les rattachait au Jurassique (étage kimeridgien) dans son travail intitulé : *Notes préliminaires sur les gisements de mollusques comestibles des côtes de France : l'estuaire de la Gironde* (*Bulletin de l'Institut océanographique*, Monaco, 1909).

Description physique, géologique et minéralogique de la Charente-Inférieure, et reproduit ensuite, d'après ce même auteur, par MM. Vasseur et Carez, sur leur Carte géologique de France au $\frac{1}{500\,000}$.



A la place de ce prétendu lambeau tertiaire, auquel Manès a donné la forme d'un triangle dont la base, concave, se confondrait avec la ligne de contour de l'anse de Meschers, tandis que le sommet s'avancerait sur le Crétacé jusqu'à une distance d'environ 3^{km} dans l'intérieur des terres, je

n'ai trouvé que des alluvions récentes constituées par une argile un peu sableuse, bleu foncé à l'état humide, et désignée en Saintonge sous le nom de *terre de bri*.

Mais, si les lambeaux éocènes du Bureau, de Terre-Nègre et de la Conche des-Nonnes représentent les seuls dépôts de cet âge qui soient demeurés en place, il existe néanmoins des preuves très nettes que le Nummulitique a eu autrefois, dans cette région, une extension bien plus grande, jusqu'au moment où s'est produit le démantèlement de ses assises, accompagné de décalcification et de silicification. C'est M. H. Douvillé qui, en 1901, a le premier signalé le fait, après avoir constaté des traces bien nettes des phénomènes en question sous forme de silex, de grès siliceux et de poudingues épars sur la rive droite de la Gironde, de Saint-Palais-sur-Mer à Royan et à Meschers. Ces débris, provenant d'assises yprésiennes, lutétiennes, auversiennes et bartoniennes détruites, offrent des dimensions très variables. Quelques-uns atteignent à peine la grosseur du poing, tandis que d'autres forment des blocs énormes. Tout concourt à démontrer qu'ils n'ont pas été transportés. Ils n'ont guère subi qu'un déplacement vertical à la suite des actions de décalcification qui les ont isolés.

Les silex, grès siliceux et poudingues que signala M. Douvillé, reposaient de façon constante sur le Dordonien ou Maëstrichtien; de plus, l'éminent géologue ne les avait rencontrés qu'au voisinage immédiat du rivage de l'estuaire. Il était alors intéressant de savoir s'ils ne s'avançaient pas quelque peu dans les terres, au Nord et à l'Est. Il m'a été permis de résoudre cette question au cours d'excursions effectuées surtout au moment où je collaborais à la feuille de Saintes. Le tracé accompagnant cette Note indique les limites de la zone où j'ai pu recueillir des échantillons de ces diverses roches éocènes fragmentées, en constatant qu'elles reposaient non seulement sur le Dordonien, mais encore sur le Campanien et sur le Santonien. On les rencontre depuis les dunes, sous lesquelles elles disparaissent à l'Ouest vers la Tremblade, les Mathes et Saint-Palais-sur-Mer, jusqu'aux environs immédiats de Cozes et d'Épargnes, à l'Est; c'est-à-dire sur une bande offrant de 35^{km} à 40^{km} de longueur et jusqu'à 10^{km} de largeur. Si on la suppose augmentée de l'espace actuellement occupé par les dunes au-dessous du point qui porte la cote 62, cette bande semble correspondre sensiblement, comme étendue et comme contours, au golfe éocène de Royan à l'époque où il présentait son plus grand développement.

J'ai cherché en vain des fragments silicifiés de roches nummulitiques dans la région comprenant Talmont-sur-Gironde, Barzan, Chenac, Saint-

Seurin-d'Uzet, Boutenac et Mortagne-sur-Gironde. Il est donc très probable que cette région, demeurée à sec, formait une sorte de cap séparant les golfes éocènes de Royan et de Blaye. Si nous connaissons approximativement la largeur de base de ce cap, nous ne savons rien en ce qui a trait à sa longueur et à sa direction exacte. Il semble probable, toutefois, qu'il ne s'avançait pas jusqu'à la ligne représentée actuellement par la rive gauche de la Gironde.

Mon tracé indique, pour le golfe de Royan, la limite la plus septentrionale de la mer nummulitique lors de la plus grande extension de cette dernière, c'est-à-dire vers la fin de l'Auversien et pendant le Bartonien. Il est intéressant de le comparer avec le tracé donné, en 1906, par A. de Lapparent. L'éminent géologue pensait, et c'était alors l'opinion courante, que l'invasion de la mer nummulitique avait atteint son maximum pendant le Lutétien et que le recul des eaux s'était produit ensuite, de telle sorte qu'à l'époque bartonienne, le golfe de Royan aurait été complètement à sec.

En ce qui concerne le tracé de ce qui constitue, sur ma carte, ce qu'on pourrait appeler l'*amorce* du golfe de Blaye, c'est-à-dire la région située immédiatement à l'est du cap, je ne possède point de données précises et j'ai dû me borner à reproduire le tracé donné par A. de Lapparent en 1906. Mais, comme M. Welsch a commencé l'étude de cette partie et a signalé un important gisement yprésien entre Saint-Sorlin-de-Conac et Saint-Bonnet (Charente-Inférieure), il y a tout lieu d'espérer que le savant professeur de l'Université de Poitiers continuera des recherches qui permettraient de déterminer approximativement les limites du golfe éocène de Blaye dans la région la plus rapprochée du golfe de Royan.

GÉOLOGIE. — *Sur la genèse des minerais de fer sédimentaires.* Note de M. A. **Leclère**, présentée par M. Pierre Termier.

La genèse des minerais de fer sédimentaires présente un intérêt particulier, en raison de l'importance des recherches minières dont ces minerais sont l'objet dans l'ouest de la France. Leur dépôt paraît devoir être attribué à la vie organique, d'après les explications qui vont suivre.

Dans les bassins tranquilles alimentés par un courant régulier, comme ceux qui servent à l'épuration des eaux, se développent des algues qui décomposent l'acide carbonique pour fixer le carbone dans leurs tissus. Même dans les eaux modérément calcaires, le premier effet de cette réaction

biologique est la formation, déjà signalée par M. Marchadier, de petits cristaux de calcite isolés. Le calcaire amorphe s'accumule ensuite dans les végétaux au point d'entraîner la mort des filaments et leur chute au fond des réservoirs. Si le sédiment ainsi constitué était soumis à la fossilisation, le carbonate de chaux, amorphe rendu libre par autolyse de la matière organique, donnerait naissance à un calcaire oolithique, en se concrétionnant autour des centres d'attraction constitués par les petits cristaux isolés de calcite.

Or la vie algaire s'établit aussi très activement et persiste même à des températures relativement élevées, dans les eaux où la lixiviation de surfaces occupées par la végétation terrestre amène du protoxyde de fer en dissolution organique. Ce phénomène, qui se produit encore de nos jours, devait se réaliser dans les périodes géologiques antérieures, peut-être même avec une intensité plus grande qu'aujourd'hui.

Lorsque l'action végétale s'exerçait sur des terrains pauvres en chaux, tels, par exemple, que le Précambrien de la région armoricaine, le ruissellement ne pouvait amener que des eaux très peu calcaires, et principalement ferrugineuses. Dans ces conditions, après avoir pu tout d'abord déterminer la formation de petits cristaux de calcite, la vie algaire a dû ensuite continuer par des espèces analogues aux Crénothrix. Mais, tout en fixant le carbone dans leurs tissus, ces algues retiennent aussi l'oxygène, en s'incrustant de sesquioxyde de fer, jusqu'au moment où elles se sédimentent comme les algues calcifiées. Par la fossilisation, la masse ferrifère peut prendre une structure plus ou moins oolithique, autour de noyaux de calcite plus ou moins abondants, en même temps que le fer repasse plus ou moins complètement à l'état de carbonate, aux dépens de la matière organique.

En appliquant ces considérations à l'état actuel des minerais sédimentaires, on conçoit que les filaments algaires aient généralement disparu, sauf dans le cas où ils pouvaient être tout à fait surabondants. En fait, on les retrouve parfois en assez grande quantité, notamment dans certains minerais terreux de Bretagne, d'âge gothlandien ou dévonien.

Ce qui se retrouve toujours, sauf dans les gisements ultérieurement métamorphisés, c'est l'assortiment complexe de débris, siliceux ou silicifiés, des organismes inférieurs qui vivaient dans les bassins de dépôt, et dont l'ensemble donne au minerai des teneurs en silice localement variables, même en l'absence d'apports détritiques. Ces débris se rencontrent, non seulement dans les minerais, mais encore dans les lits pulvérulents qui accompagnent les strates adjacentes aux couches ferrifères.

On les isole facilement en attaquant la matière en fragments par l'acide chlorhydrique et en soumettant le résidu à une lévigation méthodique, avant de l'examiner au microscope. Les produits de la lévigation renferment principalement des bactéries silicifiées, des diatomées, des débris de spongiaires, d'échinides, et probablement de crustacés microscopiques. Comme les assortiments paraissent différer notablement suivant les gisements, leur étude peut offrir à la paléontologie microscopique un champ intéressant qui permettra peut-être d'établir des subdivisions jusque dans les sédiments précambriens.

La sédimentation algaire en eau tranquille rend compte de l'allure des couches et de leur structure rubanée, remarquablement analogues à celles des schistes bitumineux.

Quant à la rareté initiale du carbonate de chaux dans les gisements cambriens et ordoviciens de Bretagne, elle est établie par le fait que les galets de minerai ancien qu'on rencontre, avec leur structure rubanée, inclus en profondeur dans les schistes gothlandiens, ne contiennent pas davantage de chaux que les affleurements actuels des couches anciennes en place. Quand ces couches anciennes ont été atteintes par le métamorphisme, elles n'ont pas donné naissance à une proportion notable de minéraux calcifères, tels que les grenats. En général, la proportion de chaux, qui est représentée par 0,5 pour 100 dans les minerais ordoviciens de Bretagne, s'accroît progressivement quand l'horizon géologique s'élève. Elle atteint déjà 3,5 pour 100 dans les minerais du Dévonien inférieur dont le métamorphisme commence à donner naissance à des grenats, si abondants auprès des couches dévoniennes, plus élevées, de Diélette.

La dissémination des dépôts dans l'échelle géologique et leur répétition s'expliquent de même et sont tellement caractérisées dans certaines régions, qu'au nord-ouest de la Sarthe on a exploité des strates géologiquement étagées dans les horizons les plus divers, depuis le Cambrien jusqu'au Cénomanien.

Les recherches minières permettront seules de préciser la configuration des bassins de dépôt. Il résulte cependant, de ce qui précède, que la répartition des gisements est, dans une certaine mesure, liée à la configuration des régions successivement émergées. C'est ce qui explique la multiplicité des affleurements dans la péninsule armoricaine.

M. Gandillot adresse une Note *Sur la sécurité en aéroplane (virages)*.

(Renvoi à la Commission d'Aéronautique.)

A 4 heures et demie, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place d'Académicien libre, vacante par suite du décès de M. *Teisserenc de Bort*, présente, par l'organe de M. F. Guyon, Président de l'Académie, la liste suivante :

En première ligne . . . . M. **Landouzy**

En deuxième ligne, par ordre alphabétique. MM. **Blondel**, **Arnaud de Gramont**

En troisième ligne, par ordre alphabétique. MM. **Désiré André**, **Paul Janet**, **Maurice d'Ocagne**

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 5 heures et demie.

Ph. v. T.